

Petrus Heinonen

TALOTEKNIKKATÖIDEN AIKATAULUTTAMISEN JA TYÖNJOHTAMISEN KEHITTÄMINEN PROJEKTINJOHTOURAKOINNISSA

Opinnäytetyö

Insinööri, (AMK)

Rakennustekniikka

2020



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä	Tutkintonimike	Aika
Petrus Heinonen	Insinööri, (AMK)	Toukokuu 2020
Opinnäytetyön nimi Talotekniikkatöiden aikatauluttamisen ja työnjohtamisen kehittäminen projektinjohtourakoinnissa		54 sivua 2 liitesivua
Toimeksiantaja SRV Rakennus Oy		
Ohjaaja Katja Ahola, Jani Pitkänen		
Tiivistelmä <p>Tämän työn tarkoituksena on esittää kehitysideoita projektinjohtourakoitsijan talotekniikkatöiden aikatauluttamiseen ja sen kautta työkaluja talotekniikkatöiden johtamiseen. Asiaa tutkittiin sekä olemassa olevan kirjallisuuden että haastattelujen kautta. Tutkimukseen pyydettiin myös sisällyttämään tietomallin käyttö aikataulutuksen ja työnvaiheiden johtamisen tukena.</p> <p>Talotekniikkatöiden toteutusta rakennustyömailla valvoo projektinjohtourakoitsijan puolesta yleensä rakennustekniikkaan perehtynyt työnjohto. Työn tutkimuskysymykset nousivat tästä lähtökohdasta, kun etsitään keinoja tukemaan toimintaa työmaalla talotekniikka-asennusten osalta. Haasteena oli tilaajan näkökulmasta talotekniikkatöiden aikataulutuksen poikkeavuus rakennuspuoleen verrattuna ja haluttiin tutkia, voiko talotekniikkatöissä käyttää massoihin perustuvaa aikataulutustapaa ja resurssitarpeen laskentaa.</p> <p>RT-tietokannassa on kattavat tietokannat aikatauluttamiseen liittyen ja aiheen tutkinta aloitettiin sen kautta. Lisäksi materiaalia kerättiin opinnäytetöistä, jotka käsittelivät talotekniikan aikatauluttamista, talotekniikkatöiden johtamista ja tietomallinnuksen käyttöä työmaaympäristössä. Kirjallisuuskatsauksen perusteella nostettiin esiin asioita, joista haluttiin tietää lisää ja nämä nostettiin haastattelujen aihealueiksi. Ensimmäisten haastattelujen perusteella päädyttiin vielä tarkentamaan kysymyksiä.</p> <p>Haastattelujen tulokset noudattavat hyvin pitkälti kirjallisuudesta kerättyä tietoa. Tärkeimpänä tuloksena on suora vastaus yhteen ydinkysymyksistä: määriin pohjautuva aikataulutus sopii myös talotekniikan aikatauluttamiseen ja aikataulun luomiseen löytyy ohjelmistoja. Työnjohdon on siis mahdollista saada tietoa tarvittavista resurssimääristä, jonka mukaan ohjata. Aikatauluvalvonnan on tulosten mukaan oltava tiukkaa ja tavoitteista kiinni pitäminen on ehdottoman tärkeää.</p> <p>Osittain auki jäi vielä se, miten talotekniikkaurakat jaetaan riittävän tarkoiksi tehtäviksi ennen urakkasopimusten tekoa. Tähän ainoina vaihtoehtoina on RT-tietokannan tehtävämikheet ja aiempien projektien kautta luotu tehtäväjako.</p>		
Asiasanat Aikataulutus, talotekniikka, työnjohto, tietomallinnus		

Author	Degree	Time
Petrus Heinonen	Bachelor of Engineering	May 2020
Thesis title		54 pages 2 pages of appendices
Development of scheduling and management of building services in project management contracting		
Commissioned by		
SRV Rakennus Oy		
Supervisor		
Katja Ahola, Jani Pitkänen		
Abstract		
<p>The objective of the thesis was to find development ideas for a project management contractor to schedule building services and find new ways to lead work of building services. Literature and interviews were used to research the topic. The commissioner asked to include the use of building information modeling to support the scheduling and leading of stages.</p> <p>The management of civil engineering usually keeps eye on the execution of work of building services on behalf of the project management contractor. This was the thing that brought up the research questions when ways to support the working on building service installments are needed to find. The challenge from the commissioner's point of view was that creating the timetable for building services is a different kind of task than on construction. The research wanted to find out if it is possible to use quantity and resource necessity-based calculation on building service work.</p> <p>The research was started from RT-database where there is a comprehensive database concerning scheduling. More material was collected from other thesis' which handled scheduling and managing building services and the use of building information modeling in worksite environment. Based on literature overview were a few fields raised that needed more searching. Interview questions were re-checked after a few interviews.</p> <p>The results from the interviews strongly follow the line which came up from the literature. The most important result was that scheduling based on quantity can be used in the field of building services and there is existing software for that. Software offers a tool for management to get information of the possible resources. According to the result tight supervising on schedule and keeping the targets are important.</p> <p>It is still left open how building service work can be divided to specific tasks before doing the contracts. The only options that were found for this were RT-database tasks and using the task data from previous projects.</p>		
Keywords		
Scheduling, building services, building management, building information modeling		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Lähtökohdat.....	6
1.2	Työn tavoite ja raja.....	7
1.3	Toimeksiantaja.....	8
2	AIKATAULUTUS.....	10
2.1	Aikataulusuunnittelu.....	10
2.2	Talotekniikkatöiden aikatauluttaminen	13
3	TUOTANNON OHJAUS JA AIKATAULUN VALVONTA.....	16
3.1	Lean-tuotannonohjaus	18
3.2	Last Planner	20
3.3	Taloteknisten töiden johtaminen	22
3.4	Laadunvarmistus	23
4	TIETOMALLINNUS.....	25
4.1	Yleistä tietomallinnuksesta	26
4.2	Tietomallintamisen tarjoamat mahdollisuudet talotekniikan tuotantovaiheen kehittämisessä.....	27
5	TUTKIMUS JA SEN TOTEUTUS.....	30
5.1	Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus.....	30
5.2	Aineiston hankinta	31
5.3	Aineiston käsittely ja analysointi	32
6	TULOKSET.....	33
6.1	Aikataulu.....	34
6.2	Tuotannon ohjaus.....	39
6.3	Tietomallin hyödyntäminen talotekniikan aikatauluttamisessa ja valvonnassa	43
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	45
8	POHDINTA.....	50

LÄHTEET.....	52
KUVALUETTELO	54

LIITTEET

Liite 1. HAASTATTELULOMAKE (HAASTATTELUT 1-3)

Liite 2. HAASTATTELULOMAKE (HAASTATTELUT 4-8)

1 JOHDANTO

Työn keskeinen ajatus on kehittää talotekniikan aikatauluttamisen ja johtamisen kehitysmahdollisuuksia. Keskeisenä tekijänä on tutkia aikataulutussmallia, jossa talotekniikan määrien perusteella voidaan määrittää tarvittava työresurssi. Kysymys kuuluu: Miten kehittää talotekniikkatöiden aikatauluttamista ja työvaiheen johtamista? Yhdeksi tutkimusnäkökulmaksi työn tilaaja halusi tietomallin hyödyntämisen aikataulutuksen ja työnjohtamisen työvälineenä. Tässä lähtökohtana on tietomallinnuksen tarjoamat mahdollisuudet määrien laskennassa, sekä tutkia, mistä tiedosta mallissa on hyötyä talotekniikkatöiden aikataulutuksen kannalta.

Talotekniikkatöiden työvaiheiden aikatauluttaminen ja työvaiheen toteutuksen seuranta on useasti ollut rakennustyömaalla haasteellista. Ongelmaksi muodostuu se, että työn vaiheistaa yleensä rakennuspuolen työnjohto, mutta sillä ei ole tarkkaa kuvaa talotekniikkatyön vaatimista resursseista. Yleisellä tasolla on talotekniikan osa rakennusprosessissa jatkuvasti suurempi, sillä LVISA-järjestelmien määrä rakennuksissa on jatkuvasti kasvanut ja automatiikan määrä lisääntynyt.

Työ käsittelee aihetta projektinjohtourakoitsijan näkökulmasta, jolloin pääurakoitsijalla on itsellään vastuu työaikataulun tekemisestä ja aliurakoitsijoistaan, esimerkiksi talotekniikkaurakoitsijoista. Projektinjohtourakoinnissa päävastuu työn toteuttamisesta on pääurakoitsijalla, joka on vastuussa myös talotekniikkatöiden etenemisestä. Siksi projektinjohtourakoitsijalla on oltava omaa osaamista arvioida tekniikkaurakoitsijoiden etenemisvalmiuksia, heidän resurssiansa riittävyttä ja kykyä toimia sovitun aikataulun mukaan. Normaalit kerrostalokohteet alkavat olla talotekniikkansa osalta jo suurelta osin toisiaan toistavia ja ratkaisut sekä järjestelmät melko hyvin hallussa, joten työstä on varmasti enemmän apua tekniikaltaan monimuotoisemmissa kohteissa.

1.1 Lähtökohdat

Aikatauluttamisesta on olemassa paljon tietoa Rakennustieto ry:n tuottamassa kirjallisuudessa ja RT-ohjekorteissa. Näissä ohjeelliset työajat on listattu varsin kattavasti eri työvaiheille ja näiden kautta rakennuspuolen töihin vaadittava

työtuntimäärä on kohtalaisen helppo arvioida. Talotekniikkatöistä ei ole samanlaista, yksiselitteistä menekkitietoa, vaan aikataulua luotaessa talotekniikkatöiden aikatauluttaminen perustuu järjestelmän palvelualueen neliömetreihin. Työmenekkejä on kyllä talotekniikkatöistäkin saatavilla, mutta ne ovat lisäprosentteineen hankalalukuisia, eikä niistä pääse helposti selville ilman kokemusta.

Työmenekin arvioiminen neliöihin pohjautuen palvelee kyllä kohteen aikatauluttamista hankekehitysvaiheessa, jolloin taloteknisistä järjestelmistä ei ole vielä suunnitelmia ja sitä kautta määriä ei tunneta. Rakennusvaiheen aikataulu taas pohjaa oikeisiin määriin, joiden avulla saadaan selville työvaiheiden todelliset kestot ja resurssitarpeet. Tämän aikataulun hoitaa perinteisesti talotekniikkaurakoitsija, jolloin pääurakoitsijan kannalta tarkastetaan lähinnä työvaiheen riittävän nopea eteneminen ja yhteensovitus muihin työvaiheisiin. Ongelmalliseksi asian tekee se, että taito arvioida talotekniikkaurakoitsijan työhönsä suunnittelemien resurssien riittävyyttä ja työn tulevaa etenemisnopeutta, ei ole rakennusurakoitsijan vahvuusalueella, minkä vuoksi mahdolliseen resurssivajeeseen herätään usein vasta, kun ollaan jo myöhässä.

1.2 Työn tavoite ja rajaus

Työn keskeisin tavoite on kehittää talotekniikkatöiden aikataulutusta ja työvaiheiden toteutusprosessin hallintaa projektinjohtourakoinnissa. Sitä kautta voidaan parantaa myös työvaiheiden yhteensovitusta ja näin edistää merkittävästi projektien kokonaisvaltaista hallintaa. Talotekniikkatöiden osuus sisävaikkeen toteutuksesta on nykyisin niin huomattava, että sen toteutusta on kyettävä hallitsemaan, jotta koko projekti pysyy hallussa. Vaikka lähtökohtaisesti työtä on ajateltu käytettävän projektinjohtourakoinnissa, on sen hyödyntäminen mahdollista ainakin osin myös muissa urakkamuodoissa sekä omakustannekohteissa.

Rakennuspuolen työnjohdon vastuulle jäävä talotekniikkatöiden työvaiheiden yhteensovitus ja työsuorituksen toteutuksen valvonta on muuttunut jatkuvasti haastavammaksi. Tekniikan määrä rakennuksissa on kasvanut merkittävästi ja samalla järjestelmät muuttuneet yhä teknisemmiksi. Näiden töiden koordinointi muodostuu haasteelliseksi, kun tietotaito järjestelmien rakentamisesta ja

rakentamisen vaatimista edellytyksistä ei ole työvaiheesta vastaavan työnjohdon keskeisintä osaamisaluetta. Työssä keskitytään tämän osa-alueen kehittämiseen ja yritetään tarjota eväitä talotekniikkatöiden vaihteistamiseen ja valvontaan.

Työ sijoittuu perinteisen rakennuspuolen ja talotekniikkapuolen välimaastoon. Se kehittää talotekniikkatöiden aikataulutusta, mutta on suunnattu rakennuspuolen käyttöön. Talotekniikan merkityksen kasvaessa rakennusalalla, on tämän rajapinnan tutkiminen aina vain merkityksellisempää ja varsinkin suuressa, useita eri taloteknisiä järjestelmiä sisältävissä kohteissa todella vaikeasti hallinnoitavaksi koettu aihe.

Eri suunnittelualojen yhteensovittamisessa hyödylliseksi koettu työkalu on ollut mallinnus ja tarkoitus on tutkia sen tarjoamaa mahdollisuutta kerätä ja antaa määrätietoja. Tätä varten onkin löydettävä tieto siitä, mitä työmaa haluaa malliin oikeasti viedä ja mistä tiedosta on hyötyä. Tietomallin hyödyntämismahdollisuuksia on tarkoitus tutkia talotekniikkatöiden rakentamisen ja valvonnan tukivälineenä, sekä voiko siitä saatavia määrätietoja käyttää työresurssien suunnittelussa. Työssä selvitetään, miten eri tahot mallia käyttävät ja miten resurssien arviointia oikeasti tehdään talotekniikkapuolella. Tätä kautta voidaan selvittää aikataulutukseen merkittävästi vaikuttavia resurssitarpeita ja arvioida, mitkä osa-alueet ovat merkityksellisimpiä työmäärän arvioinnissa. Kaikella tiedolla ei ole edelleenkään merkitystä, mutta on hyvä, jos onnistutaan määrittämään sellaiset tiedot, joista olisi työvaiheen aikatauluttamisessa ja työn valvonnassa hyötyä. Tällaiset tiedot kerätään muistiin ja halutaan jatkossa sisällyttää tietomalliin.

1.3 Toimeksiantaja

Työn tilaajana on SRV Rakennus Oy. Yritys on perustettu vuonna 1987 SRV Vitokset nimellä. Nykyään SRV on pörssiyhtiö ja Suomen johtava projektinjohdourakoitsija. Se toimii Suomen kasvukeskuksissa sekä Venäjällä ja Virossa. Vuonna 2019 liikevaihto oli yli 1000 miljoonaa euroa. Yrityksen palveluksessa työskentelee yli 1000 henkilöä ja se työllistää lähes 4000 alihankkijan verkoston. (SRV intranet 2020.)

Toimeksiantajayrityksen strateginen painopiste on kasvukeskuksien rakentajana toimiminen. Tavoitteena on kehittää tiloja, koteja ja ympäristöjä, ihmisten hyvää asumista ja elämistä palvelemaan. Yhteistyö eri toteutuskumppaneiden kanssa on merkittävässä osassa SRV:n strategiassa ja näkyy päivittäisessä tekemisessä. SRV:n roolia vastuullisena, laadukkaana ja asiakaslähtöisenä toteuttajana sekä kehittymistä alan houkuttelevimmaksi työpaikaksi pyritään vahvistamaan kaikella toiminnalla. (SRV vuosikatsaus 2018: 2019.)

Yli 20 vuotta sitten SRV toi projektinjohtourakoinnin laajassa mittakaavassa Suomeen. Tästä on alkanut kehitys kohti SRV:n omaa asiakaslähtöistä yhteis-toteutusmallia, joka varmistaa kokonaisedullisen lopputuloksen hankkeissa, tehokkaan toteutuksen ja parhaan vasteen asiakkaan tarpeeseen. Toimintamallissa yhdistetään hankekehitys ja projektinjohtototeutus niin, että hankkeen kehittäminen, suunnittelu ja rakentaminen saadaan toteutettua limittäin. Tämä perustuu kumppanuuteen ja avoimeen yhteistyöhön, antaen asiakkaalle mahdollisuuden osallistua aktiivisesti päätöksen tekoon koko hankkeen ajan. Mallia voidaan joustavasti hyödyntää erilaisissa urakkamuodoissa. Koska projektinjohtourakointi on tilaajalle tyypillinen toimintamuoto, on tutkimuksen rajaaminen tähän urakkamuotoon luonnollinen valinta. (SRV s.a.)

SRV on viimeisten vuosien aikana rakentanut muun muassa useita sairaala-kohteita, kuten Uusi lastensairaala, Tampereen yliopistollinen sairaala, Keski-Suomen Uusi Sairaala Nova ja Siltasairaala. Lisäksi yhtiön on ollut rakentamassa muita mielenkiintoisia hankkeita, kuten esimerkiksi kauppakeskus Redi ja Kalasataman tornitalot, Helsinki-Vantaan T2 laajennus, Kehä 1:n tunneli Keilaniemessä sekä Tampereen Kansi ja Areena. (SRV vuosikatsaus 2019: 2020.) Rakentamisessa on siis tällä hetkellä paljon isoja hankkeita, joissa talotekniikka näyttelee suurta roolia. Siksi on erittäin tärkeää pitää talotekniikkatoimen ohjaaminen hallittuna ja jaettava tietoa oman organisaation sisällä.

Haastateltaville yhteistä on se, että kaikki ovat toimineet Sairaala Novan työmaalla. Siksi on syytä esitellä hieman kyseistä kohdetta. Kyseessä on Suomen suurimpia sairaalahankkeita, jonka kokonaispinta-ala on 108 345 brm². Rakennus on 8-kerroksinen ja sisältää muun muassa 360 tutkimus- ja vastaanottohuonetta, 368 potilashuonetta, 24 leikkaussalia sekä 10 synnytysalia.

Kohteen puhtauden- ja kosteudenhallintaan on kiinnitetty erityistä huomiota ja seuranta on jatkuvasti rakentamismääräyksien edellytyksiä tarkempaa, kuten myös dokumentaatio. Rakentamisen nopeuttamiseksi rakentaminen on aloitettu rakennuksen keskeltä, edeten kahteen suuntaan kohti reunoja. (SRV s.a.) Tällaisessa kohteessa, jossa jokainen työvaihe jakautuu ja etenee rakennuksen eri osissa yhtäaikaaisesti, aikataulutusta ja sen hallinta korostuu merkittävästi. Kohteen ison koon vuoksi eri työvaiheita on jaettu eri urakoitsijoitten vastuulle eri lohkoilla ja näin pyritty varmistamaan urakoitsijoitten työntekijämäärän riittävyys.

2 AIKATAULUTUS

Jotta rakennusprosessia voidaan ohjata, on oltava aikataulu. Toimiva aikataulu on edellytys koko projektin läpiviemisen kannalta, sillä tehokas resurssien käyttö ja oikea-aikaiset toimitukset ovat keskeisiä rakentamisprossin onnistumisen kannalta. Ilman tietoa työn etenemistahdista on mahdotonta ajoittaa eri työvaiheita ja asettaa valmistumiselle tavoitteita. Aikatauluttomuus johtaa myös siihen, että eri toimijat työskentelevät samaan aikaan, samalla loholla, jolloin työn eteneminen kärsii ja rakentamisvauhti hidastuu.

2.1 Aikataulusuunnittelu

Tyypilliset aikataulusuunnittelun vaiheet on listattu Aikataulukirja 2016:ssa (2015, 19) seuraavasti:

- *rakennusaikataulun kireyden tarkistus*
- *tehollisen rakennusajan laskeminen*
- *kohteen osittelu*
- *aikataulutehtävien muodostaminen*
- *tehtävien mitoitus*
- *työjärjestyksen suunnittelu ja valinta*
- *tehtävien ajoitus ja resurssien tasaus eli tahdistus ja rytmitys*
- *tuotantoa palvelevan aikataulun teko sekä*
- *aikataulun toteutuskelpoisuuden tarkistaminen.*

Aikataulukirja 2016 (2015, 20) mukaan aikataulusuunnittelussa palataan usein edelliseen vaiheeseen, kun puutteet edellisissä vaiheissa tulevat esiin ja suunnitelmat muuttuvat, eikä vaiheiden järjestys ole kiinteä.

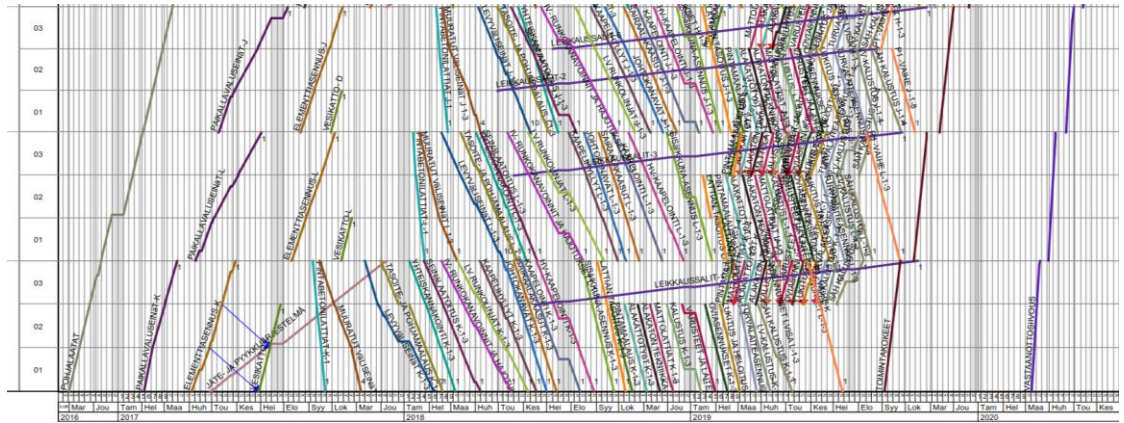
Taulukko 1. Yleistys ajallisesta suunnittelusta (Aikataulukirja 2016: 2015, 40)

Suunnitelma-asiakirja	Yleisaikataulu	Rakentamisvaihe-aikataulu	Viikkoaikataulu	Tehtäväsuunnitelma
Laajuus	Koko hanke	Rakentamisvaihe tai valittu ajanjakso	1...3 viikkoa	Tehtävän kesto
Tavoite	Koko työmaan ajoitus, välitavoitteet	Ajoituksen ja resurssien tarkennus	Yksityiskohtainen tehtävien ja resurssien suunnittelu	Ajallisten, laadullisten ja taloudellisten tavoitteiden saavuttaminen
Sisältö	Hallitsevat tehtävät noin 20...30 kpl, välitavoitteet, tehtävien riippuvuudet	Tärkeimmät työlajit tai työkokonaisuudet resurssiryhmien mukaan	Seuraavan viikon tehtävät, tehtävien riippuvuudet	Aikataulutehtävä tavoitteet ja tarvittavat resurssit yms. tavoitteiden saavuttamiseksi
Tarkkuus	Kesto 0,5 viikkoa, ajankohta 1 viikko	Kesto 1 tv, ajankohta 0,5 viikkoa	Kesto 2...4 h, ajankohta 4...8 h	Tehtävän kesto
Lähtötiedot	Alustava yleisaikataulu, piirustukset ja työselostukset, määrälaskelmat, resurssirajoitukset, työsaavutus- ja työmenekkitiedot (T4), kiinteät päivämäärät	Yleisaikataulu, määrälaskelmat eriteltynä, käytettävissä olevat koneet ja laitteet, resurssirajoitukset, työsaavutus- tai työmenekkitiedot (T3)	Piirustukset, työselostukset, rakentamisvaihe aikataulu, edellisten viikkojen työsaavutus- tai työmenekkitiedot (T3)	Urakkasopimusasiakirjat, rakennusselostus, piirustukset, tavoitearvio ja aikataulut, Ratu
Laadintatarve	Tarvitaan aina	Teollisuus-, liike yms. rakennukset: aina, suuret asuinrakennukset: runko- ja sisävalmistus	Tarvitaan aina	Tärkeimmät aikataulutehtävät
Vastuuhenkilö	Työpäällikkö	Vastaava työnjohto	Vastaava työnjohto	Vastaava työnjohto
Laatija	Vastaava työnjohto	Vastaava työnjohto	Työnjohto	Työnjohto
Laadinta-ajankohta	Kun urakkasopimus tai päätös rakentamisesta on tehty	1...2 viikkoa ennen rakentamisvaiheen alkua	Edellisellä viikolla 1...3 viikoksi eteenpäin	Laaditaan ennen tehtävän aloitusta. Käytetään työn aikana tehtävän ohjauksessa.
Ajan tasalla pitäminen	Tarkistetaan 1...3 kk välein	Tarkistetaan vähintään kerran viikossa	Uusi aikataulu laaditaan kerran viikossa	Työnaikainen ohjaus ja toteutumätiedot

Aikatauluja tulee rakennusprosessin eri vaiheissa olla tarkkuudeltaan eritasoisia, jotta ne sopivat paremmin eri vaiheiden ohjaamiseen (Taulukko 1). Olen-naista on ymmärtää se, että aikataulut on laadittu sopimaan yhteen ja niitä päivitetään projektin etenemisen mukaan. Peruseriaatteena aikataulut on sitä tarkempaa, mitä suppeampaa aikaväliä, työvaihetta tai aluetta aikataulu koskee. Ennen kaikkea suunnittelun on perustuttava realistiseen käsitykseen etenemisnopeudesta, eli on käytettävä työmenekkejä, jotka perustuvat käytännön etenemisnopeuteen. Ajallinen suunnittelu ja ohjaus luovat perustan muun suunnittelun onnistumiselle ja paljastavat myös epäkohdat sekä suunnittel-mista poikkeamiset tehokkaasti. (Aikataulukirja 2016: 2015, 18–19.)

Aikataululla kuvataan rakennusprosessia ja sitä käytetään ohjaamisen sekä valvonnan työkaluna. Rakennustyöprosessin hallittu johtaminen vaatii toimiakseen aikataulun, jossa projekti jaotellaan eri työvaiheisiin. Sen avulla työt asetetaan oikeaan toteutusjärjestykseen ja varataan resurssit työvaiheiden oikea-

aikaiseen suorittamiseen. Aikataulujen pohjalta lyödään lukkoon kustannuksia, sopimusteknisiä asioita ja laadunvarmistustoimia, joten kyseessä on koko rakennustyömaan kannalta tärkeä osa-alue. Aikataulujen on oltava toteutuskelpoisia eli perustuttava ominaisuuksiltaan työkohteen kaltaisiin menekki- ja työsaavutustietoihin sekä resurssisuunnitteluun. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 62.)



Kuva 1. Ote Sairaala Novan yleisaikataulusta kolmen lohkokerroksen osalta

Kuvassa 1 esitellään ote yleisaikataulusta. Työmaan toteutusta suunnitellaan yleisaikataulun kautta, jossa nähdään eri työvaiheiden toteutumisjärjestys. Yleisaikataulu esitetään usein vinoviivoina, eli paikka-aikakaaviona, josta eri alueiden työjärjestykset ja työvaiheille varattu aika on selvästi nähtävissä (kts. kuva 1). Aikataulun kautta voidaan peilata myös työmaan tilannetta vertaamalla toteutumaa suunniteltuun.

Ajalliseen suunnitteluun vaadittavat menetelmät ovat yhteiset kaikessa rakentamisessa. Hyvä aikataulu on käyttötarkoituksen mukaisella tarkkuudella laadittu, sopivan realistinen, mutta myös tavoitteellinen. Suunnitteluprosessin eri vaiheissa voidaan hyödyntää seuraavia menettelytapoja:

- Hankkeen kesto ja ajoitus
- Kohteen osittelu
- Tuotannon jakaminen tehtäviin
- Tehtävien mitoitus
- Työjärjestyksen määrittäminen
- Tehtävien tahdistus ja rytmitys
- Aikataulun laadinta
- Korjausrakentamisen erityispiirteet
- Aikataulun valvonta. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 62.)

Aikataulukirja 2016:n (2015, 19) mukaan tuotannonohjauksen ja työmaan johtamisen kannalta aikataulu on toimiva, kun löydetään toteutuksen kannalta keskeiset tehtävät aikataulutehtäviksi, kaikki aikataulutehtävät on mitoitettu oikein perustein, toteutusaika on tehtäville riittävä, tehtävillä on työrauha osakohteessa, suunnittelussa käsitellään riittävän suuria kokonaisuuksia, hallitaan tehtävien väliset riippuvuudet ja aikataulu on esitetty niin, että sen avulla tuotannon valvominen on mahdollista.

2.2 Talotekniikkatöiden aikatauluttaminen

Talotekniikkatöistä tulee tehdä aikataulu, kuten muistakin rakennustöistä. Aikataulussa esitetään työtehtävien työjärjestys keskinäisten riippuvuussuhteiden mukaan, jotka on määritettävä aina kohdekohtaisesti. Tate-aikataulun soveltaminen rakennustöiden kanssa edellyttää eri aikataulujen yhteensovittamista tai sitten kohteen yleisaikataulussa esitetään sekä rakennustekniset että talotekniikkatehtävät. (Kolhonen & Koskenvesa 2003.)

Kolhonen ja Koskenvesa (2003) esittävät, että talotekniset aikataulut tehdään usein janamuotoisessa yleisaikataulussa ”pitkinä viivoina”, eli työtä ei ole jaettu osakohteisiin. Paikka-aikakaavioita ei tehdä useinkaan, jolloin asennusten etenemisestä ei saa yhtä konkreettista kuvaa ja tuotannonohjaus kärsii. Perusteena on yleensä lähtötietojen vaillinaisuus. Koko tuotannon ohjaus vaatii huomattavasti tarkempaa suunnittelua talotekniikan osalta, mutta samalla sen on oltava sovitettavissa rakennusteknisten töiden tasoon, mikä vaatii yhteistyötä ja jatkuvaa parantamista toimivan, ohjauksen mahdollistavan aikataulun luomiseksi. Ajallisen suunnittelun ja ohjauksen on jatkuttava koko prosessin läpi.

Taloteknisen aikataulun laadinnassa noudatetaan seuraavia periaatteita:

- *aikataulunimikkeet valitaan kohdekohtaisesti ja jaetaan hankintajaon mukaisesti*
- *hankekohtaiset kriittiset työt selvitetään etukäteen (esim. IV-koneet, sähkökeskukset)*
- *tutkitaan kohteen rakenneratkaisujen vaikutukset*
- *lohko- ja työkohdejako otetaan huomioon*
- *aikataulutehtävät perustetaan mietittyihin tai mitoitettuihin resursseihin*
- *talotekniikan keskinäiset ja riippuvuudet rakennustekniikkaan viedään aikatauluun*

- *teknisten tilojen valmistuminen ja tärkeät tapahtumat (kuten lämpö päälle) merkitään aikatauluun*
- *suurten ja raskaiden laitteiden nostot ja haalaukset otetaan huomioon*
- *ulkopuolisten liittymien (lämpö, vesi, viemäri, sähkö, tele, hälytys) teko ja käyttöönotto näkyviin*
- *kokeisiin, mittauksiin, säätöihin ja tarkastuksiin (viranomaiset, rakennuttaja) varataan riittävästi aikaa*
- *aikataulun oltava realistinen, yksiselitteinen, havainnollinen ja yhteisesti hyväksytty. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 54.)*

Tate-aikataulun nimikkeistön on oltava riittävän tarkasti määriteltä. On löydettävä todelliset työmaalla toteutettavat tehtävät, jotta paikka-aika pohjaiseen aikataulutukseen on mahdollista päästä (Taulukko 2). Tässä tarvitaan usein talotekniikka-asiantuntijoita, jotta työjärjestykset ja tehtävät osataan järjestää oikein. Rakennuspuolella ei siis aina ole riittävästi osaamista talotekniikan aikatauluttamiseksi. (Kolhonen & Koskenvesa 2003.)

Taulukko 2. Esimerkki talotekniikkatehtävien nimikkeistä (Aikataulukirja 2016: 2015, 42)

<p>Alapohja</p> <ul style="list-style-type: none"> • pohjaviemärit • erottimet, pumppaamot • salaojat, kaivot • kaapeleiden suoja-putket • ulkoilma-, ja tuuletusputket • liitosjohdot <p>Rakennuksen runkovaihe</p> <ul style="list-style-type: none"> • LVI-kuilut, hormit, hoitotasot • sähkön nousureitit, johtotiet • nousujohdot • kellarin tekniset tilat • LJH, SPR-keskus, muuntaja, PK, nousukeskus • vesikatto, SV-kaivot ja viemärituuletukset • huippumurit, ulospuhallushajottimet <p>Konehuoneet</p> <ul style="list-style-type: none"> • ulkoilmakammiot • koneasennukset (IV- ja JÄ-koneet, LA:t) • kanava-asennukset • putkiasennukset (säiliöt, pumput, putkistot) • eristykset (IV- ja putkieristeet) • sähköarinat ja kesukset • kaapeloinnit ja kytkennät • automatiikkatyöt (VAK:t, kytkentä, viritys) <p>LVIS-runkotyöt</p> <ul style="list-style-type: none"> • VV-runkoputket kerroksittain • jäähdytysrunkoputket kerroksittain • IV-runkokanavat kerroksittain • SPR-runkolinjat kerroksittain • kaapelihyllyt kerroksittain • ryhmäkeskukset ja kaapelointityöt • patteriverkoston nousulinjat, patteriasennus • vesi- ja viemärihajoitukset kerroksittain 	<p>Sähkötekniset tietojärjestelmät</p> <ul style="list-style-type: none"> • järjestelmäkaapeloinnit • rakennusautomaatiojärjestelmä • tiedonsiirtojärjestelmä • kulunvalvontajärjestelmä • rikosilmoitinjärjestelmä • videovalvontajärjestelmä • paloilmoinninjärjestelmä <p>Kalustusvaihe</p> <ul style="list-style-type: none"> • kalustus- ja kytkentäjohdot • jäähdytyspalkkien asennus • jäähdytyspalkkien kytkentä • automatiikan kenttälaitteet • IV-venttiilien asennus • valaisinasennus, sähkökalustus • työpisteen sähköistys, alastuontiputket jne. • sosiaalitilojen kalustus <p>Sähköjärjestelmien tarkastukset</p> <ul style="list-style-type: none"> • turva- ja merkkivalaistus • ATK-kytkennät ja järjestelmämittaus • sähkökalustuksen viimeistely • sähkötekniset mittaukset • paloilmoinninjärjestelmän testaus • viranomaistarkastukset <p>LVI-järjestelmien vastaanottovaihe</p> <ul style="list-style-type: none"> • toimintatarkastukset ja -kokeet • säätö- ja mittaustyöt • tarkistusmittaukset ja korjaukset • yhteiskoeikäyttö • luovutusaineisto • käytönopastus • viranomaistarkastukset • luovutus
--	---

Tehtävien mitoitus on haastavaa, sillä yleisistä taloteknisistä menekkitiedoista on pulaa. Osaamisen puutteen johdosta aikataulutehtävät jäävät talotekniikan osalta helposti liian yleiselle tasolle ja niiden vieminen lohko- ja työkohdeajatteluun hankaloituu. Usein määrät muuttuvat kerroksittain ja lohkoittain, mutta tätä ei välttämättä osata huomioida aikataulussa ja resurssien mitoituksessa. (Kolhonen & Koskenvesa 2003.)

Lohko- ja työkohdeajattelun vieminen myös talotekniikkatöiden aikataulutukseen on olennaista tehtävien mitoituksessa, koska tehtävien resurssitarve muuttuu määrien muuttuessa kerros- tai lohkokohteisesti. Pääurakoitsija laatii yleensä tehtäväluettelon talotekniikkaurakoitsijoiden töistä ja urakoitsijat esittävät oman näkemyksensä aikataulukokouksessa. LVIS-urakoitsijat voivat tehdä oman esityksensä yleisaikataulusta, mikäli urakoitsijavalinnat tehdään jo varhain. Nimikkeet päätetään kohdekohtaisesti ja käytettäviin resursseihin pohjautuen. On ensiarvoisen tärkeää huolehtia yhteistyön toimivuudesta talotekniikkaurakoitsijoiden kanssa. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 53.)

Suunnitelmamuutosten hallinta on yksi merkittävä haaste talotekniikan toteutuksen näkökulmasta. Muutokset suunnitelmissa voivat helposti muuttaa tekniikka-asennusten suoritusjärjestystä. Työjärjestysten löytäminen on haastavaa, koska on löydettävä hankekohtaisesti oleelliset detaljit, mutta nähtävä myös kokonaisuus. Tämä vaatii suunnittelijoiden yhteistyötä ja risteilypalavereja, jossa käydään lävitse talotekniikkasuunnitelmien mahdolliset yhteentörmäykset. (Kolhonen & Koskenvesa 2003.)

Asennustöiden yhteensovitus on varmistettava yhteensovituspalaverien, jotta eri urakoiden väliset riippuvuudet ovat selvillä. Työvaiheiden asennusjärjestys, ahtaiden tilojen asennussuunnitelma, palo-osastoinnit sekä haalauksien aiheuttamat erityistarpeet tulee myös varmistaa yhteensovituksessa. Palaveri tulee pitää ennen sisävalmistusvaiheen käynnistymistä. Aikataulutus on myös merkittävä osa laadunvarmistusta, koska se auttaa urakoitsijaa töiden johtamisessa ja valvonnassa, mikä näkyy laatuna lopputuloksessa. Talotekniikan aikataulutus on otettava pääurakoitsijan vastuulle, eikä voi luottaa siihen, että tate-urakoitsijat tekisivät aikataulun omista työvaiheistaan pyydettyä, vaikka he tähän veloitteeseen olisivat sitoutuneet. (Tirkkonen 2016, 44–55.)

Lähtökohtana on tahdistaa talotekniikan työvaiheet yleisaikatauluun, sillä kohteen ohjattavuus on heikko ilman yhteensovitusta. Työt on mitoitettava, eikä vain tahdistettava pakon edessä ja niiden riippuvuuksia on helpointa seurata paikka-aikakaaviosta. Tehtävien kestojen on oltava toteutuskelpoisia. On oleellista mitoittaa tehtävien vaatimat resurssit oikein, minkä vuoksi urakoitsijan kanssa tulee käydä läpi aikataulun realistisuus, tarvittavien resurssien määrä sekä resurssien riittävyys kohteessa. Muuttuvat resurssitarpeet ovat haaste aikataulutuksessa ja työn rytmityksessä. On myös syytä käydä läpi urakoitsijan resurssisuunnitelmat ja resurssihuippujen perusteet sekä selvittää, miten resurssipiikin siirtyminen vaikuttaa koko hankkeen ohjaukseen. Työvaiheiden aiheuttamat resurssiriippuvuudet muille työvaiheille on myös selvitettävä. (Kolhonen & Koskenvesa 2003.)

Talotekniikkatöiden tahdistuminen rakennusteknisiin töihin varmistetaan, samoin kestojen realistisuus tehtäväkohtaisesti. Vertailua voi tehdä yhdistämällä samaan paikka-aikakaavioon rakennustekniset ja talotekniset työt, vertaamalla rakennusteknisten töiden paikka-aikakaaviota samassa mittakaavassa laadittuihin talotekniikan järjestelmäkohtaisesti tehtyihin paikka-aikakaavioihin tai tutkimalla kahta paikka-aikakaaviota samassa näkymässä omina ikkunoinaan. Mikäli kaikki tehtävät on yhdistetty samaan aikatauluun, on siitä helppoa todeta riippuvuudet. Ohjattavuuden kannalta on aikataulujen yhteensovitus välttämätön. Tehtävien mitoitusperusteet tulee tiedostaa, kuten milloin ja millaiselle resurssille mitoitus on tehty ja milloin vain pakkotahdistettu. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 54.)

Aikataulutuksen onnistumista tulee heti asennustyön alkaessa tarkastella malliasennuksen kautta. Malliasennuksessa käy ilmi eri työvaiheiden todellinen kesto suhteessa suunniteltuihin. Tämän avulla päästään tarkistamaan aikataulu tarpeen mukaan, mikäli huomataan, ettei laadittu aikataulu ole toteutettavissa. (Kolhonen & Koskenvesa 2003.)

3 TUOTANNON OHJAUS JA AIKATAULUN VALVONTA

Tuotantovaiheen ohjauksella halutaan ohjata yksittäisiä tehtäviä sekä kokonaisuutta. Tuotannonohjauksen tarkoituksena on edellytysten luominen suunnitelmien mukaiselle toiminnalle ja ennalta ehkäistä tuotannon poikkeamat

suunnitellussa. Poikkeamien ilmetessä täyttyvät tarvittavat korjaustoimenpiteet suunnitella ja luoda edellytykset korjaavien toimenpiteiden toteuttamiselle. Todellisen tilanteen seuranta ja mahdollisten tulevien häiriöiden ehkäisy ovat ohjauksen kannalta välttämättömiä toimia, sillä rakentamisen luonteelle on tyypillistä, että tuotantonopeus vaihtelee. Toimiva ohjaus vaatii läpinäkyvyyttä, työmaan tilanteen tulee olla selvillä ja sen esittämisen on syytä olla mahdollisimman visuaalista ja esillä julkisesti, jotta tieto on kaikilla hankkeen osapuolilla. Kun mestojen sitoutuminen ja vapautuminen esitetään visuaalisesti, kuten kuvassa 2, se luo painetta vapauttaa mestoja muille ja pysyä omassa aikataulussa. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 95.) Mestakartassa esitetty mestojen varaaminen ja lohkojen seuraavat työvaiheet konkretisoi tarkasti, missä mikäkin työvaihe on menossa. Esimerkiksi P1-alueiden havainnollistamiseen menetelmä toimii hyvin.



Kuva 2. Ote sairaala Novan karttapohjassa esitetystä vinjettiaikataulusta mestojen sitoutumisesta ja vapautumisesta

Suunniteltu tehtävien aikataulu muuttuu aina kun suoritusjärjestystä, työsisältöjä tai määriä muutetaan. Poikkeamia tehtävien aikataulussa esiintyy, jos tehtävä ei käynnisty, tuotantonopeus poikkeaa suunnitellusta, tuotanto keskeytyy tai työtä tehdään useassa osakohteessa saman aikaisesti ja osakohteita ei saada valmiiksi. Suoritusjärjestyksen muuttaminen vie aikaa ja altistaa häiriöille sellaisissa kohteissa, joissa kriittisiä työvaiheita on paljon ja tehtävillä on

lyhyt aloitusväli. Samalla aloitusten aikatauluun ja oikea-aikaiseen vapauttamiseen on kiinnitettävä huomiota. Suurien työmaiden kohdalla tehtävien tuotantopeuden valvonta korostuu pitkien aikataulutehtävien ja isojen työryhmien vuoksi. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 97.)

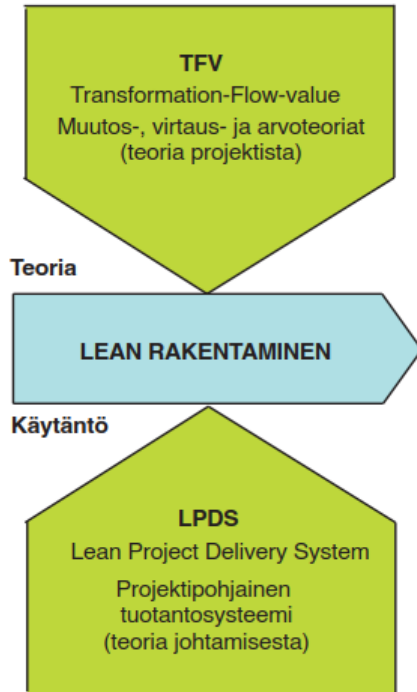
Aikataulullisten poikkeamien aiheuttama viive pyritään poistamaan ja palauttamaan tuotanto suunniteltuun aikatauluun. Keinoja tähän ovat työmaan resurssien lisääminen, tehtävän resurssien lisääminen, tehtävien työsisällön muuttaminen, aloitusajankohtien muuttaminen, edistävien ja tahdistavien työvaiheiden erottelu muista ja työjärjestelyjen parantaminen. Jo heti projektin alussa kannattaa urakoitsijat sitouttaa työtehtäviensä hoitoon keskustelemalla ja yhdessä sopimalla. Tällä saadaan pienennettyä häiriöiden esiintymisen todennäköisyyttä. (Mts. 97–98.)

3.1 Lean-tuotannonohjaus

Lean-rakentaminen (Lean Construction) on rakennusalaalle 1990-luvulla kehitetty menetelmä suunnittelun ja rakentamisen ajallista ohjausta varten. Lean-ajattelu pohjautuu Toyotan kehittämään tuotantojärjestelmään, jossa keskiössä on asiakkaalle tuotetun arvon maksimointi ja hukan minimoiminen koko tuotantoketjussa. Tärkeimpänä ajatuksena on pyrkimys juuri ajallaan tapahtuvaan toimintaan JIT-menetelmän mukaan, (Just In Time) sekä toiminnan jatkuvaan parantamiseen etsimällä parhaita toimintatapoja. Ideaalitapauksessa Lean-projektin toimitussysteemin on tavoitteena toimittaa täydellinen tuote ilman hukkaa täydellisyyttä tavoitellen. Lean-ajattelun mukaan luodaan virtaus systeemin läpi ilman häiriöitä ja ylimääräistä aikaa. Siinä toimitaan kulttuurissa, jossa kaikki ihmiset ovat mukana jatkuvassa parantamisessa ja toimintaan imuohjauksella niin, että toiminnot tapahtuvat ainoastaan tarpeen vaatiessa tai tilauksesta. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 11–13.)

Suomessa perinteisesti käytössä olleet systeemit toimivat pääosin työntöperiaatteella ja projektin tuotantovaihe on usein nähty sopimussuhteiden hallintaprosessina, jossa keskiössä on erillisten osasuoritusten optimointi. Lean-rakentaminen muodostuu TFV- ja LPDS-teorioista, (kts. kuva 3). Tuotantomuutos, virtaus ja arvontuotto yhdistyvät TFV-teoriaksi, jolla kuvataan projektin teoriaa. Juuri virtauksen luominen on Lean-periaatteen keskiössä ja teoria

pohjaa imuohjaukseen. LPDS on Lean-periaatteiden käytäntöön viemiseksi kehitetty malli projektin johtamisesta. Maailmalla sitä on käytetty muun muassa vaativien sairaalakohteiden projektituotannossa. (Mts. 14–15.)



Kuva 3. Lean rakentamisen muodostuminen (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 15)

Lean ajattelun soveltaminen rakennusalamalle ei ole sen vaikeampaa tai helpompaa kuin muilla teollisuuden aloilla (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 14). Ero tuotantoteollisuuden ja rakennusalan välillä on lähinnä siinä, että rakennusteollisuudessa tuote ei liiku liukuhihnalla, vaan erikoistuneet urakoitsijat liikkuvat mestasta toiseen, jolloin virtaus nähdään ajan virtauksena. Toinen merkittävä ero on suunnittelun valmiusasteessa tuotantoa aloitettaessa. Tuotantoteollisuudessa suunnitelmat viedään aina ensin loppuun asti, rakennusalamalla ei. Rakentaminen on projektiluontoista toimintaa, jossa tuote nähdään ainutlaatuisena ja sitä kautta virtaus on sekava. Tällainen näkemys ainutlaatuisesta tuotteesta, jossa virtaus luodaan aina uudelleenlaiseksi, on kuitenkin kapeakatseista. Rakennusprojekti muodostuu tiloista, joissa on vaihteleva määrä yhtäläisyyttä ja sitä kautta jatkuvuutta toistuvuutta projektista toiseen. (Sacks 2016.)

Tahtituotanto on Lean-tuotannonohjauksen muoto. Tahtituotannossa pyritään jakamaan työmaa identtisiin työpaketteihin, jotka seuraavat jatkuvalla virralla toisiaan. Tuotannon jatkuva ja tasainen virtaus ovat tahtituotannon tärkeimpiä

periaatteita, jotka ylläpitävät tasaista tuotantonopeutta. Tahtiaika on yksittäisen työvaiheen kesto tietyllä alueella. Työ tehdään aina kerralla valmiiksi, eikä töitä aloiteta, ennen kuin edellytykset on varmistettu. Jatkuva seuraavien työvaiheiden edellytysten varmistaminen pitää virtauksen käynnissä ja näin aika- taulua ajatellaan käänteisesti lopusta alkuun. Tahtituotanto antaa erinomaisen kuvan tuotannon etenemisestä ja pyrkii JIT-periaatteen mukaan pienentämään hukkaa. Varsinkin tyhjillään olevaa pinta-alaa pyritään vähentämään jakamalla työmaa pieniksi tahtialueiksi sekä vähentämällä puskureita. Eri työt yhdistetään vaunuiksi, joiden sisältämät työt tehdään tahtialueella valmiiksi yhden tahdin aikana. Samaa tahtia etenevät vaunut yhdistetään juniksi, joka kulkee koko tuotannon läpi. (SRV intra.)

3.2 Last Planner

Koskenvesa ym. (2019) kuvaavat Last Planneria Lean-rakentamisen menetelmäksi suunnittelun ja rakentamisen ajalliseen ohjaukseen, jossa töitä toteuttavat ja johtavat henkilöt pääsevät yhdessä ja yhteistyössä laatimaan omille töilleen projektin tavoitteiden ja edun mukaisen aikataulun. Menetelmällä varmistetaan edellytykset tehtävien toteutukselle.

Tunnetuimpia Lean Rakentamisen sovelluksia on Last Planner. Sillä pyritään hoitamaan kokonaisuutta työmaatuotannon osalta. Menetelmän avulla pyritään poistamaan tuottavuuden vaihteluihin vaikuttavat ongelmat luomalla edellytyksiä tulevien tehtävien aloituksille. Menettelyssä pyritään huolehtimaan tehtävien toteutuskelpoisuudesta ja varmistamaan niiden suunnitelmien mukainen toteutus sekä tehokas resurssien käyttö. Last Plannerissa suunnitellaan kaikki viikon aikana tapahtuvat työt, joten viikon aikana tarpeellisia, suunnittelemattomia töitä ilmaantuu vähän. Pitempiaikaiset tehtävät jaetaan viikko-tehtäviin, jotta tehtävän edellytykset saadaan varmistettua viikoittain. Isossa kuvassa tarkoitus on sitouttaa tekijät viikoittain sovittavien tehtävien hoitoon, toteuman seurantaan ja sitä kautta varmistaa tehtävän valmiiksi saattaminen. Viikkotasolla valvotaan myös tehtäväsuunniteltujen tehtävien suunnitelmien mukainen toteuttaminen ja tehokas resurssien käyttö niiden osalta. Tehtäväsuunnittelu ja Last Planner -menettelytavat siis tukevat toisiaan erilaisina tuotannonohjauksen välineinä. (Koskenvesa & Sahlstedt, 105.)

Last Plannerin vaiheet:

1. *Yleissuunnittelu – perustuu välitavoitteisiin (milestones)*
2. *Vaihesuunnittelu - osapuolten yhteinen käännetty vaiheikataulu (phase planning)*
3. *Valmisteleva suunnittelu, jossa järjestelmällisesti luodaan seuraavien viikkojen tehtäville edellytykset (making ready)*
4. *Viikkosuunnittelu keskittyy tehtäviin, joiden edellytykset on varmistettu. Yhteisessä viikkopalaverissa varmistetaan osapuolten sitoutuminen viikkosuunnitelman tehtävien läpivientiin (weekly planning)*
5. *Oppiminen. Viikkosuunnitelman tehtävien toteutuminen tarkistetaan ja toteutumatta jäämisen syyt selvitetään kysymällä viisi kertaa miksi (Five x Why). Kysymysten kautta opitaan vaikuttamaan syihin ja ennalta ehkäisemään tulevia ongelmia. Toteutuneiden ja toteutumattomien tehtävien suhde lasketaan määrittämällä tehtävien toteutumisprosentti TTP (Percent Plan Complete, PPC), jonka kehittymistä voidaan käyttää suunnittelun ja ohjauksen luotettavuuden mittarina. (Koskenvesa ym. 2019.)*

Käänteisessä vaihesuunnittelussa asetetaan ensin tavoite tarkasteltavalle vaiheelle, jonka jälkeen jokainen urakoitsija esittää omat tehtävänsä, jotka tavoitteen saavuttamiseksi on tehtävä. Eri toimijoiden tehtävät aikataulutetaan lopusta alkuun niin, että jokaisen työvaiheen etenemisen edellytykset huolehditaan kuntoon. Syntyvä aikataulu luodaan siis käänteisesti, eli tavoitteesta kohti nykyhetkeä. Jokaisen työvaiheen resurssien riittävyys on varmistettava ja samalla tarkistettava aikataulun toimivuus. Vaihesuunnittelu toimii pohjana viikkosuunnittelulle. (Koskenvesa ym. 2019.)

Last Plannerin viikkosuunnittelu perustuu luotettaviin tietojen saamiseen avoimen kanssakäymisen kautta ja sen avulla selvitetään erityisesti tehtävien välisiä riippuvuussuhteita. Tehtävät otetaan viikkosuunnitelmaan vain, jos asianomainen vastuuhenkilö katsoo voivansa luvata sen toteutuvan. Viikkosuunnitelmien on oltava laadukkaita, mikä tässä tarkoittaa sitä, että tehtävät ja niiden lopputulokset on määritetty selkeästi, tehtävät ovat tarkoituksenmukaisia työjärjestyksen kannalta, työmäärän arvio osuu kohdalleen ja tehtävän toteutusedellytykset ovat olemassa aina tehtävän valmiiksi saattamiseen asti. Tehtävien keskeisiä toteutusedellytyksiä ovat muun muassa materiaalit, työntekijät, kalusto, edeltävien työvaiheiden valmistuminen, mesta, valmiit suunnitelmat, oikeat työolosuhteet ja turvallisuus. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 107.)

Jatkuvan parantamisen tavoitteen mukaan kehitetään prosessia pitemmällä aikavälillä, kun tietoa esteistä ja tehtävien toteutumattomuudesta kerätään jatkuvasti. Menneen viikon tehtävien toteutumisesta kerätään ylös viikkopalaverin alussa ja jaetaan tehtävät tehtyihin ja tekemättömiin. Mikäli tehtävää ei ole onnistuttu toteuttamaan loppuun asti, selvitetään syyt, jotka siihen vaikuttivat kysymällä viisi kertaa miksi, jotta poikkeamien juurisyyt saadaan selville. Asiat pohditaan yhdessä läpi ja tehtävän toteuttaminen jatkossa varmistetaan osallistujien antamilla lupauksilla. (Koskenvesa, ym. 2019.)

Syyt toteutumatta jääneen tehtävän takana ryhmitellään tarkoituksen mukaisella tavalla ja niistä kerätään tilastoa, johon kertyy useamman viikon kuluessa luotettava tietopohja tuotannon ongelmista. Melkein toteutunut tehtäväkin merkitään suunnitelmien mukaan toteutumatta jääneeksi. Rakennustyömaan tuottavuutta voidaan mitata prosentuaalisella TTP-seurannalla viikko-tehtävien toteutumisesta. Tyypillisiä viitearvoja tälle TTP-luvulle ovat seuraavat: alle 60 % tarkoittaa huonoa, yli 80 % hyvää, yli 85 % erinomaista. Rakennustyömaan monimutkaisuus, suuruus ja moni muu ulkopuolinen tekijä vaikuttaa kuitenkin TTP:hen, joten luvut eivät ole suoraan verrattavissa toiseen kohteeseen. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 108.)

3.3 Taloteknisten töiden johtaminen

Talotekniikkatöitä on johdettava ja niiden edistymistä on valvottava, aivan kuten muussakin rakentamisessa. Luonteeltaan taloteknisten töiden ohjaaminen on kuitenkin erilaista, sillä talotekniikkaurakoitsija on omassa alassaan asiantuntija, eikä työtä ohjaava pääurakoitsija pysty samalla tavalla ehdottamaan ratkaisuja ja edistämään asennustyötään, kuin rakennustekniikan osalla. Talotekniikan valvonnassa yksi suuri ongelma on työnjohdon tietotaito. Rakennustyömaan työvaiheiden yhteensovitus ja työnjohtaminen ovat rakennuspuolen vetämiä prosesseja, eikä taloteknistä tietotaitoa ole aina riittävästi. Tietoa löytyy kyllä, kun sitä hakee, mutta se tekee talotekniikka-asennusten valvontatyöstä työlästä. Asennusten laadunvarmistus ei aina ole riittävällä tasolla, kun valvontaa tehdään rakennuspuolen ohjaamana.

Tirkkonen (2016, 50) on tutkinut työmaahenkilöstön osaamista talotekniikasta ja esittää kohdeorganisaationsa väelle koulutuksen tarvetta. Keskeisimpinä

koulutustarpeina nähdään aikataulutusta ja perustieto talotekniikkajärjestelmistä. Talotekniikkatöihin nähdään järkeväksi nimetä oma työnjohtajansa, jonka vastuulla on tate-urakoiden aikatauluseuranta ja -valvominen, häiriöihin reagointi ja varamestojen järjestäminen. Näistä aiheista heidän pitäisi saada myös koulutusta, kuten myös laadunvalvonnasta, suunnitteluratkaisujen toimivuuden tarkastelusta työmaalla ja järjestelmien yhteensovittamisesta. Oman näkemyksen mukaan tämä ongelma ei ole rajoittunut vain yhteen organisaatioon, vaan koskee koko alan työnjohtoa, sillä rakentaminen on projektiluontoista ja työnjohdon liikkuvuus organisaatioiden välillä melko vilkasta, kun yhden projektin jälkeen siirrytään seuraavaan.

Työvaiheiden johtamisessa on ehdottoman tärkeää seurata aikataulussa pysymistä. Työn toteumatiedon seurannassa usein käytettyjä aikataulutyypppejä ovat paikka-aikakaavio ja valvontavinjetti, joilla molemmilla on omat vahvuutensa. Paikka-aikakaavion vahvuus on tavoitellun etenemisen ja toteuman välisen eron selkeä esittäminen, etenemän perusteella tehtävä ennustus sekä tarpeen vaatiessa kiinniottosuunnitelman tekeminen. Valvontavinjetistä taas on hyvin nähtävissä työvaiheen aikataulutilanteen eteneminen, kun toteuman mukaan värjätään osakohteita eri värein. Toteumatietoa kerätään jatkuvasti työmaakierrosten yhteydessä ja siirretään paperille vähintään viikoittain. (Kolhonen & Koskenvesa 2003.)

3.4 Laadunvarmistus

Työn valvonnassa tulee ehdottomasti huolehtia laadunvarmistuksesta. Päivittäisten tarkastuskierrosten lisäksi suoritetaan erillisiä katselmuksia ja tarkastuksia, sillä ne ovat tärkeä osa laadunvarmistamista, joka perustuu laissa ja asetuksissa kirjattuihin minimivaatimuksiin. ”Rakennustyö on tehtävä siten, että se täyttää rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset” (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132, 149 §). Tällaisia katselmuksia ovat mm. malliasennuskatselmus sekä laite- ja asennustapatarkastukset. Lisäksi on huolehdittava siitä, että urakoitsija hoitaa oman velvoitteensa oman työnsä tarkastusten osalta.

Asetettujen laatuvaatimusten täyttyminen varmistetaan laadunvarmistustoimenpitein, jossa keskeisenä osana ovat laatutarkastukset, eli mitataan laatua

ja verrataan sitä sovittuihin vaatimuksiin. Laadunvarmistus ei kuitenkaan voi perustua pelkkiin tarkastuksiin. Laadunvarmistukseen kuuluvan informaation kulkeutuminen eri osapuolten välillä jatkuvasti ja ilman tietohäviöitä on merkittävä osa laadunvarmistusta. Tämä auttaa epätasaisuudesta, väärinymmärryksistä ja puuttuvista tiedoista johtuvien virheiden välttämiseksi. Laatuvaatimusten selvittäminen ja niiden jakaminen työntekijöille on edellytys hyvään lopputulokseen pääsemisessä. Laadunvarmistuksen toimiessa, vastuut ja velvollisuudet ovat kaikkien osapuolten välillä tiedossa ja päätösten arkistointi tapahtuu järjestelmällisesti (Junnonen 2001).

Talotekniikka RYL 2002:n (2002, 47) mukaan malliasennusten perusteella sovitaan toistuvien suoritusten järjestys, laatutaso ja asennustapa, joita eri urakoitsijat yhteisesti noudattavat. Naukkarinen (2017, 20) esittää mallikatselmuksia pidettävän urakkarajaliitteen mukaisista talotekniikka-asennuksista. Erillisen mallihuoneen rakentaminen on myös mahdollista. Jokainen pidetty malliasennuskatselmus dokumentoidaan pöytäkirjaan, johon kirjataan katselmuspaikka, asennusten suunnitelmien mukaisuus ja katselmuksiin osallistuneet.

Urakoitsijan työnjohdon tulee huolehtia laite- ja asennustapataarkastuksista koko rakennusvaiheen ajan. Tällä dokumentaatiolla pystytään esittämään asennusten noudattavan määräyksiä ja asetuksia sekä urakkarajaliitteessä esitettyjä laatuvaatimuksia koko rakennusurakan osalta. Todentamisen edellyttämät tarkastukset ja niiden ajankohdat määritellään urakkarajaliitteessä. (Naukkarinen 2017, 21.)

Tirkkosen (2016, 55) mukaan pääurakoitsijan vastuuksi jää huolehtia, että kaikki laadunvarmistustoimenpiteet tulevat tehdyiksi ja että tarkastusasiakirjojen mukaiset toimet tehdään sekä kuitataan allekirjoituksella asiakirjaan. Tämän vuoksi, sekä koulutuksen ja perehtymisen puutteesta johtuvan hyödyttömyyden takia, pääurakoitsijan ei ole tarpeellista osallistua jokaiseen tarkastukseen fyysisesti, mutta kriittisimpiin laaduntarkastustoimenpiteisiin on syytä ottaa osaa.

Urakoitsijan kuuluu tehdä hankkeesta laadunvarmistussuunnitelma, joka on pystyttävä näyttämään pyydettyä ja lisäksi edellytetään laadunvalvontaa.

Erilaiset mittaukset, tarkastukset ja katselmukset ovat laadunvalvonnan keinoja, joiden lisäksi laatutodistukset ja niiden arkistointi kuuluvat laadunvalvontaan. Vakavista laatuvirheistä ja niiden korjaamiseksi tehdyistä toimista raportointi sisältyvät urakoitsijan velvollisuuksiin. Ennen tilaajalle tapahtuvaa luovutusta on urakoitsijan tehtävä itselle luovutus. (Junnonen 2001.)

Suunnitelmien mukainen asentaminen on aikataulussa pysymisen edellytys. Laatuvaatimuksista tai suunnitelmista poikkeaminen aiheuttaa usein seuraaville vaiheille ongelmia ja jo toteutettuja töitä joudutaan tekemään uudestaan. Tämä luonnollisesti vaikuttaa aikatauluun, kun asennustyö joudutaan tekemään kahteen kertaan ja purkamiseen kuluu aikaa. Myös muiden asennusten osalta voidaan joutua korjaamaan tai uusimaan jo tehtyä työtä ja laatupoikkeamien aiheuttama viive leviää näin myös muihin työvaiheisiin.

Välillisten seurausten todentaminen on hankalaa ja työlästä. Siitä aiheutuu helposti riitatilanteita, eikä riippuvuussuhteet lisätöistä ole useinkaan selkeät. Asioita voidaan todentaa sitä paremmin, mitä tiiviimpää valvontaa kohteessa on tehty ja samalla virheet ja puutteet huomataan yleensä nopeammin. Nopea reagointi estää uusien asennusten tekemisen virheellisen toteutuksen korjaustyön esteeksi ja vähentää saman virheen toistuvuutta, kun siihen puututaan.

4 TIETOMALLINNUS

Tietomalli on rakennuksen tai infrakohteen digitaalinen muoto, johon on kerätty kohteen koko elinkaaren aikaiset tiedot. Kaikki tieto on koottu yhteen tiedon hyödyntämistä helpottamaan. Mallissa tieto ei ole hajallaan eri raportteihin ja piirustuksiin siroteltuina, vaan on helposti jokaisen hankkeen osapuolen käytettävissä. Täysin mallinnettu kohde mahdollistaa erilaisten analyysien ja simulointien vaivattoman teon, mikä helpottaa kohteiden suunnittelua vaatimukset ja suunnittelunormit täyttäväksi sekä hyvin toimiviksi ja helposti rakennettaviksi. Tuotettujen dokumenttien ristiriidattomuus varmistuu mallin kautta ja eri suunnittelualojen välinen yhteensopivuus saadaan yhdistelmä tietomallista, joka yhdistää osamallit yhdeksi tietopankiksi. Talonrakennuksessa yhdistelmämallin luomiseen on käytetty IFC-formaattia, jonka avulla eri suunnitteluohjelmistoista tuodut tiedot saadaan yhdistettyä. IFC-formaatissa siirretään

tieto rakennusosien muodosta ja ominaisuuksista. Mahdollisuus on myös liittää tietoa mm. aikatauluista, hinnoista ja hankinnoista, joita voidaan käyttää prosessin hallinnassa. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto s.a.)

4.1 Yleistä tietomallinnuksesta

Vuonna 2012 luotiin Yleiset tietomallivaatimukset (YTV) 2012 selkeyttämään ohjeistusta ja vaatimuksia tietomallien sisällöistä. YTV koostuu 14 osasta, joista Yleinen osuus (osa 1) ja laadunvarmistuksen periaatteet (osa 6) koskevat kaikkia hankkeen osapuolia ja näiden lisäksi jokaisen on perehdyttävä muissa osissa käsiteltäviin tietomaalivaatimuksiin, jotka koskevat omaa alaa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1, 5–6. 2012.)

Tietomallinnuksen päätavoitteena on olla kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari prosessin, suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden sekä turvallisuuden tukena. Malli on hyödynnettävissä koko rakennuksen elinkaaren ajan, aina suunnittelusta käytön ja ylläpidon aikaan asti. Tärkeässä roolissa malli on muun muassa investointipäätösten tukena, suunnitelmien havainnollistamisessa, rakennettavuuden analysoinnissa, laadunvarmistuksessa, tiedonsiirron parantamisessa, suunnittelun tehostamisessa, rakennushankkeen tietojen hyödyntäminen käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa. Oleellisena mahdollisuutena on myös energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysien vertailusuunnittelua ja ylläpidon tavoiteseuranta varten. (RT 10-11066: 2012, 2.)

Onnistuakseen mallinukselle ja sen hyödyntämiselle tulee asettaa hankekohdaiset painoalueet ja tavoitteet. Yhdessä Yleisten tietomallivaatimusten määrittämien vähimmäisvaatimusten ja tavoitteiden mukaan luodaan ja dokumentoidaan projekti kohtaiset vaatimukset. (RT 10-11066: 2012, 2.)

Nykyaikaisessa rakentamisessa tietomallinnuksella on merkittävä rooli ja tulevaisuudessa suunta on jatkuvasti kohti digitalisoituneempaa rakennus alaa, vaikka muihin teollisuuden aloihin verrattuna rakennusalan digitalisoituminen on ollut hidasta. Vieläkin ohjelmista saatavien hyötyjen valjastamisessa haasteena on rakennusalan henkilöstön haasteet tekniikan käytössä. Alalle vasta valmistuneet ja valmistuvat ovat kuitenkin huomattavasti keskivertoa parempia

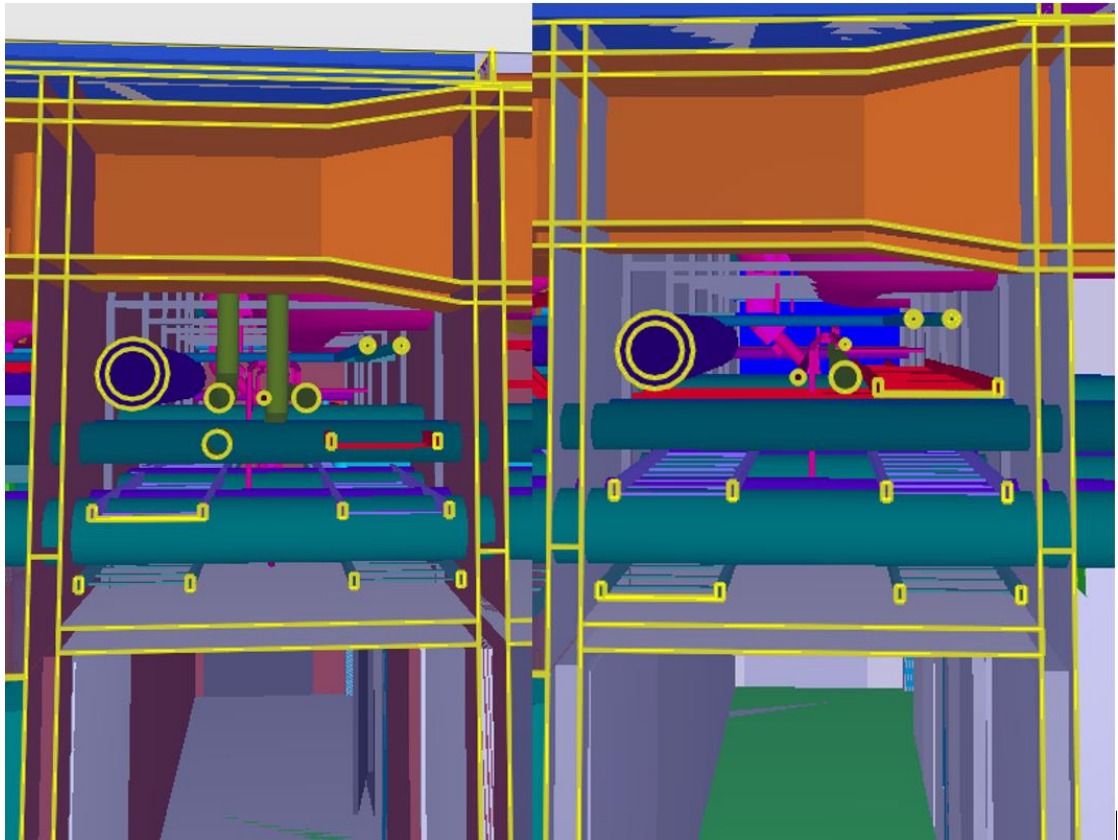
oppimaan ja käyttämään tietotekniikkaa, mikä parantaa tulevaisuuden näkymiä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 102.)

Tietomallintaminen antaa huomattavasti paremmat mahdollisuuden suunnitella ja rakentaa hyvää rakennustapaa noudattaen, mikä parantaa tuottavuutta. Työmaavaiheessa on todettu kiistattomasti tietomallintamisen luovan hyötyä hankkeelle tuottavuuden kasvun sekä laadun parantamisen myötä. Urakoitsijat ja tilaajat ovat alkaneet hyödyntävät tietomallinnusta aikataulusuunnittelussa ja hankkeiden suunnittelussa. Määrälaskentaa saadaan myös tehostettua niin tarjousvaiheessa, kuin työmaan hankinnoissa. (Mts. 102.)

On mahdollista, että kaikki suunnittelu voidaan tulevaisuudessa toteuttaa 3D-maailmassa, kunhan komponenttien tietosisältö on riittävä. Digitalisaation hyödyt tulevat esiin, kun komponentteihin saadaan liitettyä kaikki tarvittava tieto aikataulutuksesta määrä- ja kustannuslaskentaan. Kehitys on menossa kohti tätä suuntaa, mikä luo varsinkin rakennusalaalla toimiville haasteita ja kehittymispaineita, jotta ominaisuuksia osataan hyödyntää. (Perttula 2012.)

4.2 Tietomallintamisen tarjoamat mahdollisuudet talotekniikan tuotantovaiheen kehittämisessä

Lankinen (2017, 33) esittää tutkimuksessaan, että tietomallin käyttö painottuu geometrisiin ominaisuuksiin, kun pääasiassa tarkastellaan visuaalisesti joko ympäristöä tai asennustekniikkaa. Tietomallin ohjelmallisia ominaisuuksia käytetään talotekniikan osalta törmäystarkastelujen tekoon, määrälaskentaan ja verkostomitoituksen tekoon. Työmaalla tietomallin ohjelmallisten ominaisuuksien käyttö on myös suunnittelupuolta vähäisempää ja esittää käytettävien ominaisuuksien olevan tietomallien potentiaaliin suhteutettuna suppeat. Hän esittää myös tietomallien nimeämisen urakkalaskenta-asiakirjaksi, mikä tehostaisi niiden käyttöä työmaalla, kun malleista varsin vaivattomasti olisi mahdollista ottaa massalistoja työmaan käyttöön.



Kuva 4. Yhteensovituksen tarkastelua tietomallista. Vasemmalla kuva tietomallista ennen yhteensovitusta ja oikealla kuva samasta paikasta yhteensovituksen jälkeen

Helminen (2016, 66–70) esittää tutkimuksessaan 4D-aikataulutuksen tehostavan rakentamisprosessia. Ohjaus 4D-aikataulun kautta auttaa valvonnassa ja tukee näin aikataulussa pysymistä, sekä antaa visuaalisen kuvan kunkin aikavälin asennustavoitteista. Tämä edistää myös tiedonkulkua ja vähentää väärintymmärryksiä ja tuo esiin alkuperäisen aikataulun suunnitteluvirheitä. Visualisointi, törmäystarkastelut, mallien revisioiden vertailut ja tiedonhaku tuovat tietomallin kautta etua rakennusvaiheen toteutettavuuteen. Visualisointi konkretisoi rakennettavuuden tarkastelua ja helpottaa toteutusta. Törmäystarkasteluissa etsitään suunnitelmista ristiriitoja, jolloin suunnitelmat saataisiin mahdollisimman aikaisin toteutuskelpoisiksi (kts. kuva 4). Tietomallipohjainen tiedonhaku antaa mahdollisuuden tarkastella tehokkaasti muun muassa mittoja, korkoja, määriä, sijainteja, materiaali-, aikataulu-, ja taustatietoja sekä analysoida eri revisioiden välisiä muutoksia.

Lankisen (2017, 33–35) mukaan tietosisällön lisääminen talotekniikkamalliin ei ole täysin mutkaton asia. Suunnittelupuolelle siitä aiheutuu lisätyötä ja sitä kautta suunnittelusta lisäkustannuksia. Toinen arveluttava tekijä on tiedostokokojen kasvaminen. Kuitenkin talotekniikkakomponenttien urakkarajojen tai

lohkorajojen lisääminen nähdään massalaskentaa tukevan ominaisuutena, mistä saataisiin apua työmaan aikataulusuunnitteluun, komponenttien ryhmittelyyn ja erilaisten listojen ottamiseen mallista. Urakkarajat olisivat siten hyvin yksiselitteisesti esitetty ja tulkinnanvaraisuus vähenee. Tabletteihin ja puhelmiin saatavilla olevat talotekniikkasovellukset ovat positiivinen kehityssuunta, sillä näin tietomalli on koko ajan jokaisen käytettävissä (kuva 5). Tässä tutkimuksessa nähdään aikataulutiedon lisäämisen malliin poistavan tiedonsiirto-ongelmia työmaan ja suunnittelun välillä. Suunnittelija voi tarkastaa mallista, mitä alueita ei lähtökohtaisesti muuteta, varsinkin jos toteumatieto pystytään päivittämään malliin. Tämä helpottaa aikatauluseurannan tekoa, kun asennettun tekniikan määrä saadaan ulos mallista lohko-kohtaisesti.



Kuva 5. Tietomallien käyttö työmaalla on mobiilisovellusten ansiosta helpottunut (SRV intra)

SRV käyttää mobiililaitteissa kevyemmin toimivaa Dalux-ohjelmaa tietomallin tarkasteluun. Se toimii muun muassa työmaalla asennustöiden apuna, työnjohdon työkaluna sekä suunnitelmien ja niiden yhteensopivuuden visuaalisessa tarkastelussa työmaalla. Ohjelman antaa mahdollisuuden tarkastella myös lisättyä todellisuutta, missä mobiililaitteen kamerakuvan kautta voidaan liikkua valitun mallin ja todellisen tilanteen yhdistelmässä (kts. kuva 5). (SRV intranet 2020.)

5 TUTKIMUS JA SEN TOTEUTUS

Kaiken tutkimuksen, kuten opinnäytetyön, perusta on tieteellisyydessä. Yksi tärkeimpiä kriteerejä tieteellisessä työssä on mahdollisuus luotettavuuden arviointiin, minkä vuoksi dokumentaatio tutkimusraportin muodossa on tehtävä tarkasti. Tekniikkaa, jolla aineistoa kerätään, analysoidaan ja tulkitaan, kutsutaan tutkimusmenetelmäksi. Nämä voidaan jakaa kvalitatiivisiin ja kvantitatiivisiin menetelmiin. Lopulta päädytään hyväksymään tai hylkäämään jo olemassa oleva teoria tai luomaan uusi. Käytettävän menetelmän ratkaisee tutkimusongelma ja sen luonne. (Kananen 2008, 14–17.)

Vilkkä (2005, 49–52) näkee tiedonintressin, eli sen minkälaista tietoa tutkimuksella haetaan, ohjaavan tutkimusmenetelmän ja tutkimusaineiston keräämistä valitun valintaa. Määrällisellä tutkimuksella haetaan numeraalista tietoa ja sääntönmukaisuuksia eri muuttujien välillä. Laadullinen tutkimus taas pyrkii kuvaamaan ihmisten toimintaa siihen liittyvien päämäärien avulla, eli sen avulla tutkitaan merkityksiä (haluja, uskomuksia, käsityksiä, arvoja ja ihanteita), joita ihmiset antavat toiminnalleen. Laadullisessa tutkimuksessa on kuitenkin huomioitava väärinymmärtämisen riski, joka johtuu tutkijan tekemästä tulkinnasta. Jo lähtökohtaisesti laadullinen tutkimus on subjektiivista tutkijan oman ymmärryshorisontin vuoksi.

5.1 Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus

Laadullinen tutkimus noudattaa yleistä tutkimusprosessia ja vastaa kysymykseen ”Mistä tässä on kyse?”. Laadullinen tutkimus on menetelmä, joka pyrkii selittämään ja ymmärtämään ilmiötä. Aineistoa on yleensä paljon ja analysointia tehdään jo haastattelujen edetessä. Tutkija käy aineistoa laaja-alaisesti läpi ja pyrkii löytämään ymmärryksen tutkittavaan aiheeseen. Toisin sanoen aineistoa kerätään niin kauan, että tutkimuskysymykseen saadaan vastaus. Kun aineisto alkaa saturoitumaan eli toistamaan itseään, voidaan olettaa, että uudesta aineistosta ei ole enää hyötyä. (Kananen 2015, 128–129.)

Laadullisella tutkimuksella pyritään kuvaamaan ja ymmärtämään syvällisesti tutkittua ilmiötä, tulkiten sitä samalla mielekkäästi. Analyysissa ei ole vastaavia tiukkoja sääntöjä, kuin kvantitatiivisessa tutkimuksessa ja sitä tehdään syklisessä prosessissa koko tutkimusprosessin ajan. Näin analyysi ohjaa samalla

tutkimusprosessia ja tiedonkeruuta. Käsittelemällä aineistoa useampaan kertaan, pyritään yhdestä havaintoyksiköstä saada mahdollisimman paljon irti, eli asiaa käsitellään syvyyssuunnassa. Haastattelu ja havainnointi ovat yleiset laadullisen tutkimuksen tiedonkeruumenetelmät ja tyypillisesti niiden avulla kuvataan, miten ihminen näkee ja kokee reaali maailman asioita ja ilmiöitä. Yksittäisestä havainnosta edetään tuloksiin, eli päättelyn logiikka on yleisesti ottaen induktiivinen. (Kananen 2008, 24–25.)

Laadullisen tutkimuksen aineisto voi sisältää tekstiä, kuvia tai nauhoitteita. Tutkittavan aineiston runsaus usein aiheuttaa ongelmia, josta tutkijan tulee löytää vastaus tutkimuskysymyksiinsä. Tutkijan tulee saada keräämästään aineistosta kokonaiskuva ja parhaiten sen saa lukemalla aineisto useampaan otteeseen. Mikäli aineisto on laajenemassa liian suureksi, on tiivistäminen hyvä tapa rajata luettavaa materiaalia. (Kananen 2015, 129.)

5.2 Aineiston hankinta

Tutkimus päätettiin toteuttaa laadullisella menetelmällä, haastatellen talotekniikkaurakoitsijoiden työnjohtoa, SRV:n talotekniikka työnjohtajia, talotekniikka-asennuksista vastanneita SRV:n työmaamestareita sekä tietomalliasiantuntijaa. Laadullinen kyselytutkimus oli luontevin valinta tutkimusmenetelmäksi, sillä tavoitteena on hahmottaa parhaita toimintamalleja, joista paras ymmärrys on asian kanssa toimineilla ja siksi keskustelun kautta voitiin saada informaation keräämisestä kattavampaa. Valmiin kysymyspatteriston laadinta ei sovellu tutkimusmenetelmäksi, sillä todennäköisesti kysymyksiin ei saa nostettua kaikkia olennaisia asioita vaan kysymykset olivat lähinnä tukimateriaalia ja muistilista asioista, jotka voidaan käsitellä vapaassa järjestyksessä. Mahdollisuus lisäkysymyksiin oli myös merkittävä tekijä tutkimusmuodon valinnassa.

Tutkimus on kvalitatiivinen ja aineistonhankintamenetelmänä käytettiin avointa eli strukturoimatonta haastattelua. Haastattelut toteutettiin SRV:n työmaatoimistolla neljän viikon aikana Sairaala Novan työmaalla. Puolistrukturoidussa haastattelussa keskustelu oli siis varsin vapaata ja kysymyksillä lähinnä johdattiin pysymään haluttujen aihepiirien ympärillä. Haastattelua varten luotiin myös kysymyksiä siltä varalta, että keskustelu tyrehtyy ja samalla tutkimuksen

tekijä sai varmistettua haluttujen asioiden läpikäynnin merkkamalla mihin kysymyksiin oltiin jo saatu vastauksia (Liite 1 ja 2).

Kolmen haastattelun jälkeen alettiin kerätä materiaalia yhteen. Tiettyjä asioita kaikki haastateltavat nostivat esiin, tai ne toistuivat useaan otteeseen samassa haastattelussa ilman, että niihin välttämättä löytyi varsinaisia ratkaisuja. Sen vuoksi katsottiin parhaaksi käydä näiden kolmen haastattelun jälkeen kysymykset ja läpikäytävät aiheet uudestaan läpi ja tarkentaa haluttuja osioita, jotta esimerkiksi tekniikka-urakoitsijoitten ja projektinjohtourakoitsijan välisen yhteistyön kehittämiseen saataisiin tarkempia vastauksia.

Kaikki vastaajat suhtautuivat positiivisesti haastatteluihin ja he antoivat mielellään vastauksia ja kertoivat avoimesti hyviä ja huonoja kokemuksia eri työmailla. Keskustelu pysyi aihepiirissä hyvin ja haastattelulomakkeeseen vastattiin vapaassa järjestyksessä, keskustelun kulun mukaan. Avoimen haastattelun etuna oli se, että haastattelijalla oli mahdollisuus esittää tarkentavia kysymyksiä, että vastaus olisi ymmärretty varmasti oikein. Tällöin myös haastateltavat pääsivät esittämään ja painottamaan oman näkemyksensä mukaan tärkeimpiä osa-alueita. Haastatteluissa esitettiin esimerkkejä ja toimintatapoja myös toisilta työmailta ja näistä oli luontevaa herättää keskustelua ja tarkentaa annettuja vastauksia avoimen haastattelun kautta.

Yhteenvetona voidaan sanoa, että aineiston hankinta onnistui ilman suurempia ongelmia. Haastattelut saatiin kaikki pidettyä noin kuukauden sisällä, jolloin haastattelijalla pysyi kokonaiskuva hyvin hallinnassa. Ajat haastatteluille sovittiin luontevasti päivittäisen työmaatoiminnan yhteydessä ja toteutettiin sopivan hetken salliessa. Muutaman haastattelun kanssa työmaan kiireet hie-
man siirsivät haastattelutilannetta eteenpäin, kun yhteisesti sopivaa hetkeä ei tahtonut löytyä. Kaksi haastattelua käytiin verkon välityksellä, vallinneen pandemiatilanteen vuoksi.

5.3 Aineiston käsittely ja analysointi

Haastattelujen aikana tehtiin muistiinpanoja haastattelulomakkeeseen sekä tarpeen mukaan lisäsivuille. Saman päivän aikana nämä muistiinpanot kirjoi-

tettiin puhtaaksi, jotta asiat olivat vielä hyvässä muistissa ja oikein dokumentoitu. Haastattelulomakkeet, joihin kirjattiin lyhyesti asiasanoja tai asian ydin muutamalla sanalla, olivat hyvää materiaalia kokonaiskäsityksen keräämistä varten. Näistä oli helposti poimittavissa usein toistuvat aiheet ja näin kokonaiskäsityksen muodostaminen onnistui vaivattomasti. Usein toistuvien asioiden korostamiseen käytettiin ympyröintimenetelmää.

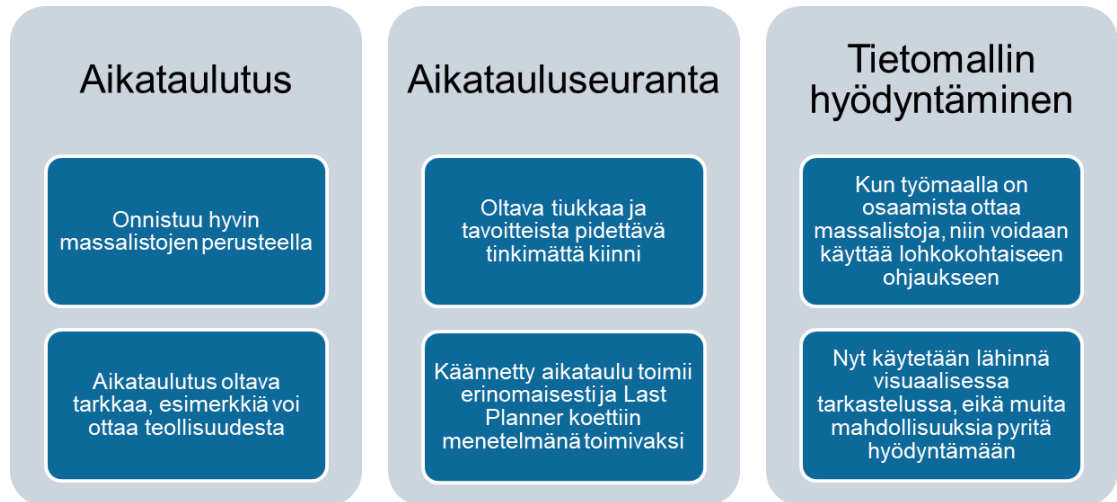
Haastattelujen nauhoittaminen oli toinen vaihtoehto aineiston dokumentointiin, mutta haastatteluja pidettiin paljon ja niiden muuttaminen kirjalliseen muotoon katsottiin turhan työlääksi saavutettavaan etuun nähden. Lisäksi henkilöiden katsottiin voivan vapaammin esittää mielipiteensä, kun se ei tallennu nauhalle. Vastineeksi nauhoituksista olisi myöhemmin kuunnellessa voinut löytyä aiemmin ohi menneitä ydinasioita ja suoria lainauksia olisi ollut helpompi käyttää.

Haastatteluista luotuja tekstejä ja muistiinpanoja luettiin läpi useaan otteeseen, jotta saatiin hahmotettua asian ydin. Analysointia tehtiin luonnollisesti jo haastattelun aikana, kun asiasanoja kirjattiin ylös ja sitä jatkettiin vielä tekstin muotoon muutettaessa. Samalla vastauksia verrattiin edellisiin kokonaiskuvan hahmottamiseksi. Jo kolmen haastattelun jälkeen huomattiin vastausten toistavan itseään. Siksi haastattelun asialistaa oli tarkennettava. Osa aiheista jätettiin listalle, mutta uudelle listalle nostettiin myös ensimmäisissä haastatteluissa esiin nousseita asioita, jotka tuntuivat jääneen avonaisiksi. Toimintamallin avulla oli mahdollista kehittää tutkijan esiin nostamia kysymyksiä ja parantaa haastattelujen tietoantia.

6 TULOKSET

Haastattelut olivat tiedonkeruumenetelmänä hyvä valinta ja tietoa saatiin kerättyä hyvin. Kaikki haastateltavat olivat toimineet Sairaala Novan työmaalla, mikä väistämättä tuli haastatteluissa esiin. Kaikissa haastatteluissa peilattiin toimintaa mainittuun työkohteeseen, osassa haastatteluista useasti. Haastattelija korosti sitä, ettei haastattelu ollut mihinkään työmaahan sidottu, vaan haluttiin kerätä tietoa yleisesti ja etenkin vastaan tulleita hyviä toimintamalleja esille nousevien kysymysten ratkaisemiseksi. Taulukkoon 3 on koottu keskeisimmät tutkimustulokset, jotka haastatteluista nousivat.

Taulukko 3. Haastattelujen keskeisimmät tutkimustulokset



Eri toimijoiden vastaukset olivat paljolti saman kaltaisia ja vastauksissa näkyi vähän risteäviä mielipiteitä. Haastatteluja aloitettaessa oletettiin vastausten vaihtelevan merkittävästi eri toimialojen välillä, mutta näin ei ollut. Vain joitain korostuksia nousi esiin, kuten ”ainakin meillä sähköpuolella” tai ”en tiedä muista aloista, mutta meillä putkipuolella”. Mikäli joku vastaus löytyi vain tietyn alan vastauksissa, tämä on mainittu erikseen. Vastauksien alakohtaiset erot olivat niin pieniä, ettei erittelyä alojen välillä katsottu järkeväksi, vaan ryhmittely tehtiin aihealueittain. Aihealueiden sisällä eroja on tehty pääasiassa SRV:n työnjohdon vastausten ja talotekniikkaurakoitsijoiden edustajien vastausten välillä, koska niissä oli enemmän eroavaisuuksia havaittavissa.

6.1 Aikataulu

Aikataulut ja aikatauluseuranta ovat haastattelujen perusteella ehdoton edellytys projektin hallinnassa. Aikataulu on työkalu, jolla voidaan ennakoita ja seurata työmaan tapahtumia ja etenemistä. Se on kuitenkin vain työkalu, eikä pelkän aikataulun olemassaolon vuoksi tapahdu mitään, vaan aikataulua on seurattava aktiivisesti ja johdettava työtä sen avulla, jotta siitä on hyötyä.

Aikataulutuksessa SRV:tä edustavat haastateltavat näkivät, että urakoitsijalla tulee olla mahdollisuus esittää oma näkemyksensä aikataulusta ja tarvittavista resursseista. Yksi SRV:n haastateltavista muistutti kriittisyydestä urakoitsijointen antamiin aikatauluihin, sillä ne ovat hänen mukaansa helposti turhan suuressa työsaavutuksella laskettuja. Hän toisaalta lisäsi, että urakoitsijaa ei saa päästää tekemään työtä tarpeettoman väljällä aikataululla, eikä varata mesteja

tarpeettoman pitkään, mikä viivästyttää rakennushankkeen etenemistä. Pääurakoitsijalla on siis oltava pohjana oma näkemys työn etenemisvauhdista. Vertaamalla tate-urakoitsijan ja pääurakoitsijan aikatauluja keskenään, päästään parhaaseen lopputulokseen työn toteuttamisen osalta.

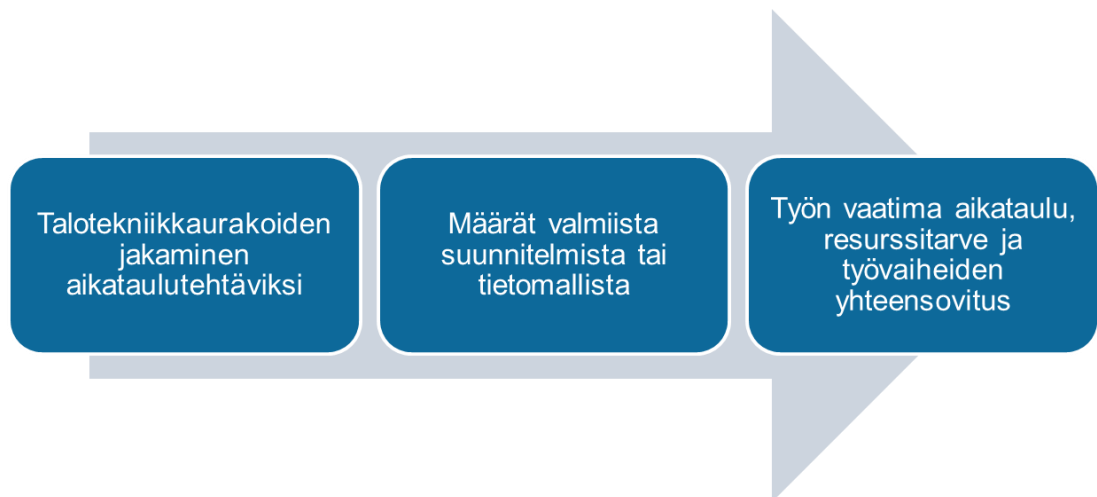
Urakoitsijat näkivät ehdottoman tärkeänä, että heidän on päästävä mukaan rakentamisvaihe aikataulun luomiseen. Urakoitsijoiden mielestä heillä on paras käsitys oman urakan vaatimista työvaiheista ja paras osaaminen työn jaoteluun ja pilkkomiseen. Parhaana toimintamallina nähtiin kaikkien urakoitsijoiden näkemyksen mukaan se, että urakoitsija pilkkoo oman urakkansa eri työvaiheiksi ja laskee työlle kullakin lohkolle tarvittavat resurssit sekä hahmottelee etenemiseen vaadittavan resurssitaulukon. Tämän pohjalta oli urakoitsijoiden näkökulmasta hedelmällisintä lähteä sovittamaan töitä yhteen yleisaikataulun kanssa ja alkaa muokata siitä sisävalmistusvaiheen aikataulua.

SRV:n henkilökunnalle tehtyjen haastattelujen perusteella yleisaikatauluun kerätään tietoa joko massalistojen kautta, mallihuoneen kautta laskemalla ja monistamalla saatuja tietoja tai sitten molempia tapoja yhdistäen, kohteen koosta ja vaativuudesta riippuen. Yleisaikataulu joudutaan yleensä luomaan puhtaasti määrien perusteella tai RT:n ohjemenekkien mukaan, koska urakoitsijat valitaan vasta yleisaikataulun luomisen jälkeen, joten he pääsevät vaikuttamaan aikatauluun vasta myöhemmässä vaiheessa. Talotekniikan osalta yleisaikataulusuunnittelua ei useinkaan tehdä määrien perusteella, vaan yleisemmin RT:n pohjapinta-alaan mitoitettujen yleisten menekkitietojen mukaan. Näin aikataulu osittain pakotetaan, eikä tarvittavasta resurssimäärästä saada tarkkaa tietoa.

Urakoitsijoilta kerätyn tiedon pohjalta aikataulutus lähtee aina massalistosta liikkeelle. Määriä otetaan muun muassa putkien juoksumetreistä, eristemääristä, laitemääristä, kaapelimetreistä ja kalustemääristä. Tiedot kerätään joko DWG-suunnitelmista suoraan, käytetään valmiita massalistoja tai kaapelinvetotaulukoita alasta ja tekijästä riippuen. Massoista lähdetään joka tapauksessa liikkeelle ja hahmotellaan työresurssien tarvetta olemassa olevin resurssitiedoin. Vain sähkö- ja putkiurakoitsijoiden haastattelussa nostettiin erityisesti esiin se, että aikataulun luominen edellyttää kokemusta, tosin kaikki katsoivat

sen olevan hyödyksi. Olemassa olevilla taulukkomitoituksilla pystytään kuitenkin luomaan aikataulu, joka on jo melko lähellä totuutta. LVI-alan työnjohtaja antoi ohjenuoraksi noin 10 %:n varan riittävän resurssilaskennassa. Lähes jokaisessa urakoitsijoille suunnatussa haastattelussa todettiin aikatauluttamiseen ja aikatauluseurantaan löytyvän aikatauluohjelmille tarkoitettuja massalistoja.

Kaikissa haastatteluissa tuli esiin se, että talotekniikkaurakoita on jaettava huomattavasti pienempiin kokonaisuuksiin, jotta aikataulusta saadaan toimiva. Jokainen työvaihe täytyy suunnitella ja aikatauluttaa omana kokonaisuutenaan ja lähdettävä muodostamaan kokonaisuutta palasten kautta. Työvaiheaikataulutus on myös oltava jaettu lohkoiksi, mielellään palvelualueen mukaisesti. Aikataulutukselta vaaditaan siis tarkkoja tehtävänimikkeitä ja lohkokohtaisuutta. Varsinkin urakoitsijoiden haastatteluissa nostettiin esiin, että aikataulutus on tehtävä lohkokerroksittain, sillä tasainen eteneminen vaatii joillain lohkoilla huomattavasti enemmän työresursseja kuin toisella. Näiden lähtötiedot saadaan määristä. Kuvassa 6 esitetään talotekniikka-aikataulun luomisen kehitysvaiheet.



Kuva 6. Talotekniikkatöiden aikataulun luomisen vaiheet

Aikatauluseurantaa tulee tehdä heti töiden alusta alkaen. Yksi joka haastattelussa esiin tulleista asioista oli, että työn johtaminen aikataulun avulla on toimittava. Itse aikataulun tekeminen ja yhteensovitus ovat vain työvaiheita, jotka tehdään palvelemaan työn ohjausta aikataulutyökalun avulla. Aikatauluseu-

ranta antaa tarkennettua tietoa urakoitsijoille omien työvaiheiden päivämäärästä ja pääurakoitsijalle se on ohjaustyökalu, johon on sidottu työn etenemistahti.

Haastattelujen vastauksissa hieman yllätti se, että juuri urakoitsijoiden vastauksissa nostettiin esiin toive tiukasta aikatauluvalvonnasta ja siitä, että kehtään ei saa päästää lipsumaan aikataulusta, vaan syntyneiden viiveiden poistoa on vaadittava ankarasti. Tämä tuli esiin kolmessa talotekniikkaurakoitsijoille suunnatussa haastattelussa. Näissä esitettiin myös näkemys siitä, että aikatauluseurantaa on jatkuvasti dokumentoitava niin hyvin, että siitä pystyy selkeästi havaitsemaan, milloin viive on tapahtunut, mistä se johtuu ja kehen se vaikuttaa. Aikatauluseurannan toivottiin olevan yleisesti näkyvillä, jotta koko työmaan eteneminen olisi kaikkien tiedossa.

Tarkan aikatauluseurannan ja dokumentaation katsottiin lisäävän läpinäkyvyyttä työmaalla toimivien tahojen välillä ja varmistavan kaikkien toimijoiden selustan, jottei myöhästyminen siirry asiaan liittymättömien tahojen kannettavaksi. Muutamassa haastattelussa ehdotettiin aiemmasta kokemuksesta erillistä aikataulupalaveria, jossa käytäisiin koko työmaan eteneminen läpi. Tilaisuudessa on hyvä olla mahdollisuus tuoda esiin esteet ja haitat, kuten puutteet mestoilla tai suunnitelmissa. Tilaisuuden dokumentaatiosta olisi nähtävillä aikataulussa tapahtuneiden muutosten syy-seuraussuhteet. Kahdessa urakoitsijoille suunnatussa haastattelussa nostettiin esiin myös sakollisten välitavoitteiden merkitys motivoimassa toimijoita.

Vastausten perusteella kaikki olivat sitä mieltä, että aikataulun seuraaminen sitoo vähintään yhden henkilön työajan vähänkään isommalla työmaalla. Henkilön tehtävinä nähtiin työvaiheiden etenemisen päivittämisen lisäksi tulevien työvaiheiden aloitusedellytysten ennakkoinnin ja erilaisten ongelmien eteenpäin viemisen sekä eri toimijoiden välillä työskentelyn. Vastauksissa esitettiin tehtäviin myös eri toimijoiden saattamista ratkaisemaan yhteisesti ongelmia, kuten esimerkiksi nostettuja suunnitelmissa esiintyviä puutteita, työjärjestyksiä hankalissa paikoissa tai asennettavuuden esteitä.

Erityisesti yhdessä haastattelussa, jossa rakennustyömaiden toimintaa verrattiin myös teollisuuskohteisiin, esitettiin aikatauluttamisen, aikatauluseurannan,

työn johtamisen ja valvonnan olevan paljon pienemmässä roolissa rakennustyömailla. Tämä näkyy tämän haastateltavan mukaan jo tarjousneuvotteluvaiheessa, jossa aikataululliset asiat ja resurssien riittävyys käydään läpi ensin ja kustannukset ovat merkitykseltään toissijainen asia. Aikataulu ja määräajat ovat ehdottomia ja niihin suhtaudutaan kurinalaisemmin, kuin rakennustyömaalla. Tämä näkyy aikatauluseurannassa ja valvonnassa, joihin ollaan valmiita panostamaan huomattavan paljon.

Teollisuuskohteiden paremman aikataulutuksen ja valvonnan koettiin johtuvan osin suunnitelmien paremmasta valmiusasteesta ja siitä, että työt teettää suoraan investointipäätöksen tehnyt taho, mutta syyksi esitettiin myös aikataulun vaikutusta tehdyn investointipäätöksen tuottavuuden alkamiseen. Mitä pikemmin hankitut tai korjatut koneet saadaan käymään, sitä nopeammin ne alkavat tuottaa. Haastateltava koki tämän myös tuottaneen tulosta, eikä muistanut yhdenkään kohteen myöhästyneen aiotusta aikataulusta ainakaan täysin, vaan koneet oli saatu käyntiin ainakin jollain tasolla. Haastateltava koki, että rakennustyömaan toimintaa on mahdollista tehostaa paljon aikataulusuunnittelua parantamalla.

Hyvänä vaihtoehtona aikatauluttamiseen ja aikatauluseurantaan nähtiin käänteinen aikataulu. Last Planner menetelmää kehitettiin testausvaiheen aikatauluttamistyökaluna. Varsinkin loppuvaiheen aikataulutuksessa käännetty aikataulutetus nähtiin hyvänä vaihtoehtona. Eräs urakoitsijoista kertoi menetelmän toimineen aina testausvaiheen aikataulutuksessa. Aikataulun luontia ja seurantaa katsottiin voitavan käyttää tällä menetelmällä.

Tahtiaikataulun esiin nostaminen aiheutti aina epäilystä vähintään jonkin verran. Siitä ei kaikilla haastatelluista ollut myöskään selkeää käsitystä, joten tämä voi osittain olla epäilyksen takana. Sen katsottiin olevan liian raskas järjestelmä isomman työmaan toteuttamiseen. Tämä on hieman ristiriitaista, koska tahtiaikataululla pyritään nimenomaan tarkempaan aikataulutukseen, mitä haastattelujen tuloksissa myös peräänkuulutettiin. Yksi haastateltavista näki tämän toimintamallin hyvänä vaihtoehtona mutta ennemmin pienemmillä työmailla.

6.2 Tuotannon ohjaus

SRV:n työnjohdolle pidetyissä haastatteluissa painotettiin talotekniikan rakentamisen olevan luonteeltaan erilaista rakennuspuoleen verrattuna. Järjestelmät pyritään rakentamaan keskuksista ja keskusjärjestelmistä eteenpäin, haaroittaen tästä aina järjestelmän kaukaisimpaan pisteeseen saakka. Näin ensimmäiset rakennettavat lohkot saattavat toimia vasta, kun koko järjestelmä on toiminnassa. Näin ensimmäisten alueiden testaukset saattavat odottaa toisella puolella taloa tehtäviä töitä.

Toisena eroavuutena ja haasteena SRV:n edustajat näkivät järjestelmien väliset riippuvuudet. Varsinkin testausvaiheessa eteen tulee se, että järjestelmät vaativat testauksiinsa toisten järjestelmien valmistumisen. Eri järjestelmien väliset riippuvuussuhteet saattavat olla hyvinkin monimutkaisia ja niiden selvittäminen jo hyvissä ajoin ennen testausvaiheen alkua on ensiarvoisen tärkeää, jotta kaikkien tarvittavien työvaiheiden työt saadaan ohjattua valmiiksi ennen kyseisen järjestelmän testauksia. Aikataulussa näihin haasteisiin on varattava riittävästi aikaa, jota haastateltavien mielestä ei kuitenkaan löydy. Jo aiemmin esitelty Last Planner koettiin toimivaksi menetelmäksi järjestelmien välisten riippuvuussuhteiden löytämiseksi ja työvaiheiden aikatauluttamiseksi.

Perinteinen tuotannonohjaus työmestoiineen, mestanvastaanottoineen ja mestanluovuuksineen katsottiin varsinkin suurempien työmaiden kohdalla parhaaksi tuotannonohjausmenetelmäksi. Tahtituotannosta ei juuri ollut kokemusta, eikä se herättänyt luottamusta varsinkaan suurien kohteiden tuotannonohjauksessa. Menetelmänä se koettiin liian raskaana toteuttaa ja ylläpitää.

Tulosten mukaan häiriöihin varautumiseen on todella panostettava ajallisesti, varsinkin sellaisessa kohteessa, jonka suunnittelu on rakentamisen alkaessa vielä osittain kesken. Aikataulullisesti myöhässä tulevat suunnitelmamuutokset ovat hankalia, koska niiden toteuttamiseen ei tahdo löytyä riittävää aikaa, eikä urakoitsija ole aina motivoitunut tekemään töitään useampaan kertaan. Toteutukseen ei välttämättä ole resursseja tarjolla. Tässä oli eroa SRV:n ja urakoitsijoiden vastausten välillä. Urakoitsijoiden mukaan resursseja on kyllä saatavilla, mikäli omat jo varatut resurssit saadaan kohdennettua suunnitellusti,

muutostarpeista saadaan tieto ajoissa ja pääurakoitsijalta löytyy henkilö antamaan prioriteettijärjestyksen eri töiden välillä.

Isojen, tekniikaltaan haastavien kohteiden osalta revisiomuutokset ovat ongelmallisia myös siksi, että yhden revision aiheuttama työmäärä voi nousta hyvin suureksi, koska massaa ja toistuvuutta on paljon. Näin periaatteessa pieni yksittäinen muutos muuttui haastateltavien silmissä suuren kertoimen vuoksi haasteelliseksi. Tämän vuoksi suunnittelun ohjaukseen ja yhteensovitukseen on panostettava tosissaan sekä pidettävä varamestoja tarjolla, että esteiden tullessa eteen, ei tarvitse odottaa tai koittaa toteuttaa väkisin työtä alueella, jonka suunnitelmat eivät ole valmiit.

Kireässä suunnitteluaiakataulussa on löydettävä kriittiset järjestelmät, joiden suunnitelmat on saatava ensimmäisinä valmiiksi. Tämä aihe nousi esiin yhdessä SRV:n henkilöstölle pidetyssä haastattelussa, pohdittaessa mahdollisuutta vähentää suunnitelmapuutteita. Yleensä tämä tarkoittaa ensimmäisenä asennettavien ”aselajien” suunnitelmien loppuunsaattamista, mutta myös niitä, jotka vaikuttavat kokonsa tai toimintansa takia useisiin muihin järjestelmiin ja niiden suunnitelmiin.

Yhteistyö nähtiin tärkeänä koko projektinhallinnassa, eli suhteet tilaaja- ja suunnitteluorganisaatioihin on pidettävä kunnossa, jotta kaikilla on varmasti tahtotila viedä projektia mahdollisuuksien mukaan eteenpäin. Suunnitelmien valmiusasteen parantaminen oli jokaisessa haastattelussa esiin noussut asia, ja yhteistyö suunnittelu- sekä tilaajapuolen kanssa koettiin tärkeäksi suunnitelmien valmiusasteen parantamisessa.

Suunnitelmapuutteet koettiin siinä mielessä haastavina, että usein ne nousevat esiin vasta urakoitsijoitten toimesta, jolloin niillä on yleensä jo kiire. Vaikka suunnitelmia koitetaan tarkastaa etukäteen ja sovittaa yhteen eri alojen toteutussuunnitelmat, jää suunnitelmiin silti puutteita ja ristiriitoja. Urakoitsija on oman erikoisosaamisensa ansiosta usein se, joka huomaa puutteen. Silloin työt ovat käynnistymässä tai jo käynnissä mestalla ja ongelmaan on saatava nopeasti ratkaisu. Eräänä ehdotuksena nousi esiin mestapalaverien järjestäminen erikseen rakennuspuolen ja talotekniikkatöiden osalta, jossa projektinjohtourakoitsija välittää tietoa palaverista toiseen. Tämä siksi, että asioihin

päästään syventymään riittävästi, kun palaverin osallistujat on rajattu ja on aikaa käydä asiat riittävän syvällisesti läpi. Toisena vaihtoehtona esitettiin aluekohtaista jakoa.

Suunnitelmapuutteita vähentävinä toimina nähtiin suunnitelmien läpikäynti aloituspalaverissa, ennen mestan aloituksia pidettävät suunnitelmakatselmuksset, työmaan aikataulupalaverissa läpikäytävät suunnitelmapuutteet, suunnitelmapuutelistan aktiivinen päivittäminen ja tiukka vastausten vaatiminen suunnittelupuolelta. Varsinkin malli, jossa suunnitelmapuutteet ja tulevat revisiomuutokset käytiin työmaan yhteisessä aikataulupalaverissa läpi urakoitsijoiden, tilaajan ja suunnittelijan kesken, nousi esiin positiivisesti.

Mesta-ajattelu koetaan hyvänä tapana tehdä töitä. Samalla kuitenkin todetaan, että aikataulussa ei ole jätetty riittävästi varoja mestojen valmiiksi saattamiseen, vaan töitä käynnistetään jo ennen kuin mesta on täysin vapaa ja edelliset työvaiheet saaneet omat työnsä viimeistelyä. On siis tyypillistä, että mestalla työskentelee muitakin, vaikka se olisikin varattu. Mestojen varausten ja vapautumisen valvonnassa on oltava tiukka ja tehtävät on saatava pilkottua riittävän pieniksi tavoitteiksi, jotta töiden edistymistä voidaan seurata. Joka viikolle tulee määrittää kunkin työtehtävän osalta tavoite. Tällä tavoin aikataulusta jääminen saadaan esiin nopeammin, kun seurantaa tehdään aivan alusta asti. Tässä kohtaa ehditään vielä reagoida ja siksi urakoitsijalta saatua aikataulua tulee tarkentaa ensimmäisten mestojen jälkeen.

Urakoitsijoitten aikataulussa pysymistä tulee valvoa ja samalla työn onnistumiselle on annettava mahdollisuus. Esteet ja haitat on poistettava tehokkaasti ja kuunneltava urakoitsijan murheet. Eri tekniikkatöiden suunnitelmien yhteensovittamisen onnistuminen on myös varmistettava yhteistyössä urakoitsijan kanssa. Ongelmakohdat on käytävä kaikkien osallisten kanssa avoimesti läpi ja otettava tarpeen vaatiessa suunnittelijat mukaan ongelman ratkaisemiseen. Tehokkaimmaksi tavaksi risteilyjen hoitamiseen haastateltavat näkivät katselmuksset työmaalla.

Yhteistyö nousi kantavaksi teemaksi eri haastatteluissa. Kaikki haastateltavat toivat selvästi esiin yhteistyön merkityksen työmaalla toimivien tahojen välillä. Vastausten mukaan heikko yhteistyö johtaa helposti päätösvastuun siirtelyyn

ja asioiden pallottelemiseen puolelta toiselle. Tämä on paitsi hidastanut toimintaa, myös syönyt urakoitsijoitten luottoa siitä, että pääurakoitsija saa hoidettua haasteet tehokkaasti. Varsinkin urakoitsijoiden edustajat kokivat tärkeäksi myös aliurakoitsijoiden välisen yhteistyön. Tällä tarkoitettiin haasteiden ratkontaan yhdessä työmaalla, sekä toisten työn kunnioittamista.

Talotekniikkaurakoitsijan ja projektinjohtourakoitsijan välisen yhteistyön parantamisessa tärkeimpinä asioina mainittiin seuraavat:

- Urakoitsijoitten ongelmiin on saatava ratkaisuja nopeasti
- aikataulussa pysymistä valvottava tiukasti ja pidettävä tavoitteista kiinni
- avoin kanssakäyminen ja ongelmien ratkominen yhdessä
- laatuvaatimusten avoin käsittely ja työn jatkuva valvonta.

Ongelmienratkaisussa nähtiin sähköpostin käyttö kaikkein heikoimpana vaihtoehtona, koska sillä vastausten koettiin tulevan hitaasti. Sen sijaan katselmuksot työmaalla ja asioiden läpikäynti kasvokkain nähtiin parhaina menetelminä nopeuden kannalta. Tässä projektinjohtourakoitsijan rooli nähtiin aktiivisena toimeenpanijana.

Aikatauluvalvonnassa tärkeimpänä nähtiin tavoitteissa pysymisen vaatiminen. Työnjohdon on huolehdittava tekniikka-asennusten etenemisen riittävästä valvonnasta, mikä sisältää myös laadullisen seurannan ja asennusten oikeellisuuden tarkastamisen, jotta poikkeamat suunnitelmissa saadaan kuriin jo ennen seuraavia työvaiheita. Korjaukset on kuitenkin helpompi toteuttaa tässä vaiheessa, kuin muun tekniikan asennusten jälkeen. Varsinkin ahtaissa paikoissa mallista poikkeamiset johtavat lähes aina törmäilyyn ja sen vuoksi muutos on joka tapauksessa tehtävä. Urakoitsijat toivoivat hyvää yhteyttä myös valvontaorganisaatioon ja esille nousi varsinkin asioihin puuttuminen heti, kun niihin törmätään. Valvonnassa olennaista on välitön ongelmaan puuttuminen, jotta se on vielä korjattavissa, eikä toistu jatkossa yhtä herkästi.

Yhteistyötä lisäävänä asiana nousi esiin riittävän vaatimustason ylläpito, jolloin urakoitsijalla on selkeä käsitys vaaditusta laatutasosta. Kun pelisäännöt käydään avoimesti läpi, on kaikkien työ sen jälkeen selkeämpää ja pelisäännöt selvillä. Laatutaso tulee haastattelujen mukaan kirjata selkeästi mallikatselmuksissa ylös. Näissä katselmuksissa on hyvä käyttää talotekniikka-asiantun-

tijoitten apua, koska riittävän laajuuden saaminen mallikatselmuksiin edellyttää usein erikoisosaamista. Vaatimalla tiukasti asennusten tekemistä suunnitelmien mukaan, pääurakoitsijan työjohto osoittaa omaa osaamistaan, mikä kasvattaa enemmänkin luottamusta, kuin päinvastoin. Aina on kuitenkin tiedettävä, mitä vaatii.

Haastatteluissa nousi toistuvasti esiin ajatus hankinnan vaikutuksesta urakoitsijan motivaatioon tehdä töitä. Hankinnassa olisi pyrittävä saamaan kokonaisia keskusjärjestelmiä ostettua yhdeltä toimijalta, jolloin aliurakoitsijan tulee saattaa yksiselitteisesti koko järjestelmä toimintakuntoon. Kun järjestelmän osia sisällytetään eri hankintapaketteihin, järjestelmän toiminnan varmistaminen puhtaasti projektinjohtourakoitsijan vastuulle. Hankalana nähtiin myös urakkarajojen määrän kasvu pilkotuissa urakoissa, nämä kun ovat pääsääntöisesti työjohtoa enemmän kuormittavia kohtia.

6.3 Tietomallin hyödyntäminen talotekniikan aikatauluttamisessa ja valvonnassa

Tutkimusta tehdessä kävi selväksi, että työmaalla työskentelevät käyttävät tietomallia lähinnä visuaaliseen tarkasteluun. Riittävän hyvän tietomallin käyttötarkoituksena nähtiin risteilyiden poistaminen, asennusjärjestyksen katselmointi ja suunnittelun ohjaus, mittatietojen ottaminen sekä haastavien paikkojen tarkastelu. Massalistoja otetaan kyllä joskus ulos mallista pääurakoitsijan toimesta, mutta lähinnä kustannusten hallintaa varten, eikä esimerkiksi revisiomuutosten määriä haeta mallista. Ainoastaan yksi SRV:n vastaajista tiesi, että mallista otettuja massalistoja käytettäisiin enemmänkin. Haastatelluista urakoitsijoiden edustajista yksi kertoi heidän keräävän massalistoja suunnittelusta.

Toinen urakoitsija kertoi päässeensä koekäyttäjäksi BIM 360 –hankkeessa. Tässä esimerkkihankkeessa tietomalliin on suoraan mahdollisia lisätä muun muassa poikkeamat, tarkastuspöytäkirjat, käyttöönottotarkastukset sekä muita laatudokumentteja. Tällä tavalla kaikki dokumentaatio on löydettävissä yhdestä paikasta. Haastateltava otti asian puheeksi ja esitteli tällaisen tiedonkeruutavan olevan tulevaisuuden mahdollisuuksia. Hänellä itsellään ei ollut aiheesta käyttökokemusta tai mielipidettä mahdollista hyödyistä.

Aikataulutiedon lisäämistä tietomalliin pidettiin periaatteessa hyvänä ajatuksena, mutta toisaalta siitä ei koettu olevan suurta hyötyä ja sen epäiltiin olevan työläs isossa kohteessa. Seurantamallin pitäminen kohteen talotekniikka-asennuksista nähtiin myös haastavana juuri työläytensä takia.

Tietomallissa ei koettu puuttuvan varsinaisesti mitään tietoa, mikä ei sinällään ole yllätys, kun haastateltavien ajatus on käyttää lähinnä visuaalista tarkastelua. Yhdessä haastattelussa nostettiin esiin toive kannakoinnin ja kannatinosien mallintamisesta. Vaikka tämä osittain tekisikin mallista epäselvemmän tarkastella, niin sen nähtiin poistavan isossa kohteessa monia ongelmia muun muassa sähköhylyjen ja kaasulinjojen osalta, jotka ovat käytössä olleiden kannatinosien vuoksi ajautuneet liian lähelle alakattoa. Toisaalta toisessa haastattelussa esitettiin kannakoinnin huomioimisen kuuluvan suunnittelijan velvollisuuksiin, oli niitä mallinnettu tai ei, kuten muukin asennettavuuden huomioiminen asennustoleransseineen ja asennusjärjestyksineen. Puutteena huomattiin muutamassa haastattelussa osat, joita ei ole saatavilla, mutta niitä on käytetty mallin tekemiseen. Tämä voi aiheuttaa haasteita, jos joudutaan poikkeamaan suunnitelmista paikassa, jossa on ahdas asennustila.

Tietomallin mahdollisuuksien kouluttaminen nähtiin tärkeänä osana toiminnan kehittämisessä. Osa vastaajista koki, että mallin käytön oppii kyllä käytännön kautta, mutta koulutus olisi silti hyväksi.

Yhtenä haastateltavana oli SRV:llä tietomalli-insinöörinä työskentelevä henkilöä, jonka vastauksia loppuluku käsittelee. Suunnittelijoitten tekemää tietomallia lähdetään rikastamaan, jotta haluttuja tietoja saataisiin mallista paremmin. Esimerkiksi SRV:n käsitellyssä mallissa objektia painettaessa Daluxin puolella tiedot ovat listattuna heti ensimmäisenä info-ikkunaan ja Solibrissa tietosisältö näkyy omalla Property set -välilehdellä.

Mallin rikastaminen aloitetaan luomalla rakennuksen kanssa samaan koordinaatistoon esim. lohkojen mukaiset laatikot, jota kutsutaan prismaksi. Sen jälkeen voidaan mallista hakea tietoa tämän prisman sisään jäävistä komponenteista ja myös lisätä niihin tietoa. Malliin ajetaan muun muassa Talo 2000 ja

Talo -80 Tate-nimikkeistö, jotta työtä voidaan ohjata koordinoitusti ja ryhmitellä eri tiedot yleisen nimikkeistön mukaan. Muita kiinnostavia tietoja ovat mm. pituus ja paino, sekä määrityksistä ajatut massaluettelot. Massalistat ovat haettavissa kerros ja lohkokohdaisesti kunkin nimikkeistön ryhmän osalta.

Massalistat on mahdollista viedä Excel-muotoon, joka on yhteensopiva käytetyn aikatauluohjelman kanssa. Näissä ohjelmissa on sisään laskettuna työmenekit, joten tätä kautta päästään perille resurssitarpeista. Tietoja on hyvä käyttää jo tarjouspyyntöjen tekemisvaiheessa, jotta ollaan selvillä urakoitsijalta vaadittavista vähimmäisresurssimääristä. Jos tietoa osataan ajaa työmaalla helposti ulos mallista, voidaan mallin massalistoja käyttää jatkuvasti urakoitsijan aikatauluvalvontaan, kun osataan vaatia riittävästi resursseja. Tämä kuitenkin vaatii jo tietämystä siitä, miten mallista otetaan massalistoja, joten se ei ole joka työmaalla mahdollista, kun osaamista ei välttämättä ole.

Tulevaisuudessa on kehitteillä ohjelmistorobotiikkaan pohjautuvia määrälueteloita, jota hyödynnetään esim. Microsoftin Power BI ohjelmalla. Tähän ohjelmaan on mahdollista luoda omia näkymiä mistä tietoa voidaan suodattaa ja verrata sitä aiempiin revisioihin. Massalistojen luominen olisi automatisoitu, joten siinä ei tarvitse enää olla kummoinenkaan IT-osaaja, että osaa ajaa tätä kautta tietoa ulos ja tutkittua urakoitsijan resurssien riittävyyttä. Tässä ohjelmassa on mahdollisuus käyttää tietoja myös mobiililaitteella, joten käyttö on vaivatonta työmaallakin. Tietoja voidaan hyödyntää aikataulutukseen, aikatauluseurantaan ja resurssien laskentaan sekä hankintaan.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuskysymykset joihin tutkimuksella pyrittiin vastaamaan:

- Miten voidaan kehittää talotekniikkatöiden aikatauluttamista?
- Miten talotekniikkatöiden aikatauluvalvontaa voidaan kehittää?
- Miten tietomallinnusta voidaan hyödyntää talotekniikkatöiden aikatauluttamisessa ja aikataulun seurannassa?

Haastattelut antoivat hyvin samanlaisia tuloksia talotekniikan rakentamisvaiheen toteuttamisesta, kuin kirjallisessa osiossa on esitetty. Tämän voi nähdä niin, että tutkimuksella ei saavutettu paljon uutta tietoa, mutta esimerkiksi kaikin keskeisimpään kysymykseen löydettiin vastaus. Kuten selvästi esitettiin,

massalistojen perusteella on hyvin mahdollista luoda aikatauluja myös talotekniikkatöistä. Projektinjohtourakoitsija voi turvautua RT-aineistoissa laadittuun talotekniikkanimikkeistön tehtävälistaan ja alkaa muodostaa sen mukaan yleisaikataulua.

Vaikka talotekniikka-aikataulun luomisessa nähtiin erikoisosaamista olevan apua, niin edes suurpiirteisen aikataulutuksen luomisen pitäisi onnistua rakennustekniikan toimijoiltakin. Tämän kautta voidaan eri työvaiheiden kestoja ja yhteensovitusta hahmotella todellisen keston mukaan, eikä muodostaa vain pakotettua aikataulua. Projektin yleisaikataulua suunniteltaessa tilaajayrityksestä löytyy myös taloteknistä osaamista ja kykyä kommentoida suunnitellun aikataulun realistisuutta, kireyttä, yhteensovituksen luontevuutta sekä riittävien työresurssien määrää kiireisimpinä aikoina. Tällä tavoin voidaan vaikuttaa jo urakkahankinnassa määriteltäviin resurssiedellytyksiin ja varmistamaan mahdollisten aliurakoitsijoiden kyvyn suoriutua urakasta aikataulun mukaisesti. Resurssien mitoituksessa tulee huomioida lisätarpeen vara, jotta viiveiden kiinni kuromiseen on mahdollisuus.

Lisäresurssien saatavuus on tärkeää, sillä talotekniikkatöiden kerrottiin olevan herkkää viiveille. Syinä tähän esitettiin muun muassa aiempien työvaiheiden venyminen, käytännön toteutuksessa esiin tulevat ongelmat ja esteet, suunnitelmamuutokset sekä oman työn viivästyminen esimerkiksi laadullisten ongelmien vuoksi. Kohteen suuri koko, taloteknisesti vaativa toteutus ja suunnitelmien keskeneräisyys nostavat laskettavien työresurssien määrää ja laskevat laskennallista työsaavutusta. Varat sisältävä resurssimäärä tulee kirjata viimeistään sopimukseen ja sitouttaa urakoitsija tähän.

Kun urakoitsijavalinnan jälkeen urakoitsija antaa kommentoitavaksi oman näkemyksensä omasta aikataulustaan, on pääurakoitsijalla vaaditusta työmäärästä jo jonkinlainen näkemys. Mikäli suunnitellut työmäärät eroavat merkittävästi toisistaan, on hyvä käydä näkemyserojen syyt läpi, jotta saadaan selville, onko suunnitelmat luotu systemaattisesti eri lähtökohdista, vai onko kyse paikallisesta eroavaisuudesta.

Massalistoista lasketun resurssitarvesuunnitelmaa voidaan jatkossa verrata toteutumaan ensimmäisillä työmestoilla. Tällä tavoin voidaan tarkentaa suunnitellun työmäärän suhdetta todelliseen tarpeeseen ja ymmärtää paremmin, mitä tulevilla lohkoilla tarvitaan aikataulun pitämiseksi. Jos suunnitelmat ovat aloitettaessa vielä keskeneräiset, tai muusta syystä suunnitelmiin tulee suuria muutoksia, jotka vaikuttavat työmääriin, voidaan tietomallista hakea uudet massalistat ja sitä kautta ajaa tiedot aikatauluohjelmaan. Näin pystytään reagoimaan jo ennakkoon työvoiman tarpeen muutokseen.

Jotta aikataulun lohkokohtainen työvoimatarve on työmaalla jatkuvasti selvillä muuttuvissakin tilanteissa, tulee massalistojen ottamista mallista kouluttaa tilaajayrityksessä. Mitä enemmän tietomalli- ja aikataulutusaosaamista työmaalla on, sitä paremmat lähtökohdat on myös aikataulullisella ohjaamisella. Talotekniikan aikataulutuksessa voi alkuun esiintyä haasteita, mutta kokemus ja sen tuoma työmenetelmien parantaminen kehittävät varmasti aikataulullista hallintaa työmaalla. Mallintaminen toimii hyvin esimerkiksi suunnitelmamuutosten ja niiden aiheuttamien työmäärämuutosten vertailussa erinomaisesti.

Aikatauluhallinnassa korostui yhteistyön merkitys, valvonnan tärkeys ja aikatauluseurannan dokumentaatio. Näiden koettiin lisäävän avoimuutta, vastuiden määrittämistä tehtävän hoitoon sekä sitoutumista projektiin. Aikatauluvalvonnan tärkeyttä korostivat erityisesti urakoitsijoiden edustajat, mikä oli hie- man yllättävää, mutta toisaalta selkeät säännöt antavat urakoitsijoille mahdollisuuden oman työnsä toteuttamiseen suunnitellusti.

Tuloksista on helposti havaittavissa yleisiä toiminnan kehittämisen osa-alueita. Ensinnäkin yhteistyö talotekniikkaurakoitsijoitten kanssa on aivan ensiarvoisen tärkeää ja heidät on otettava mukaan laadittaessa sisävaiheen aikataulua. Toinen selkeä asia on suunnittelunohjauksen parantaminen ja paremmin yhteen sovitettujen suunnitelmien vaatiminen sekä selkeät reitit käydä läpi vastaan tulleet ongelmat suunnitelmissa. Kolmas asia oli aikataulun seuranta alusta asti tiukalla kädellä, jotta töiden hännät eivät pääse venymään. Talotekniikkatöiden on siis päästävä alkamaan ajallaan. Neljäntenä asiana nostettiin esiin dokumentaation riittävyys niin laadullisessa valvonnassa, kuin aikataulu- seurannan osalta.

Aloitusedellytykset on huolehdittava luonnollisesti kuntoon. Kaikissa haastattelussa esitettiin huoli siitä, ettei töitä päästä aloittamaan siinä aikataulussa kuin on tarkoitus ja isomman aikatauluviiveen ryntääminen kiinni on usein käytännössä mahdotonta. Siksi aikataulusta on todella pidettävä huolta ja seurattava töiden etenemistä aktiivisesti. Töiden etenemisen seuraaminen on otettava jonkun päätehtäväksi ja käytävä aikataulun etenemistä läpi kaikkien työmaalla toimivien tahojen kanssa.

Aikatauluseurannan on myös oltava avointa ja dokumentoitava viiveet sekä ennen kaikkea syyt niiden takana. Aikataulun läpikäymiseen rakennusvaiheen aikana nousi muutamia varteenotettavia vaihtoehtoja. Ensinnäkin koettiin talotekniikka- ja rakennusteknisten töiden läpikäymisen olevan isommassa kohteessa helpompaa ja antoisampaa, kun ne on jaettu omiksi erillisiksi palaveri- reikseen. Parhaalta kuitenkin tuntui tapa, jossa suunnittelijat olivat mukana aikataulupalaverissa, jossa samalla käytiin läpi suunnitelmiin tulevat revisiot ja urakoitsijoilla oli mahdollisuus kommentoida niitä jo ennen julkaisua.

Urakoitsijoiden ongelmien ratkaiseminen ripeästi oli ehdoton vaatimus projektinjohtourakoitsijan tehtävälistalla. Eri toimijoiden välistä toimintaa on tuettava ja ohjattava kohti yhteistoimintaa. Mikäli kriittiset suunnitelmapäivitykset jäävät odottamaan, aiheutuu tästä pahimmassa tapauksessa suoran viiveen työmaan aikatauluun. Pää toteuttajan on vaadittava muita toimijoita, kuten suunnittelijoita ja valvojia osallistumaan aktiivisemmin toimintaan ratkaisujen saamiseksi.

On aivan selvää, että rakentamisessa on pystyttävä hyvään yhteistyöhön eri talotekniikkaurakoitsijoiden kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että asiat on käytävä avoimesti läpi urakoitsijan kanssa ja pyrittävä myös tukemaan urakoitsijoita, jotta heillä on edellytykset oman työsuoritteensa toteuttamiseen. Tällaisessa tapauksessa asioiden läpikäyminen yhteistyössä rakennushankkeen eri toimijoiden kanssa ja aikataulun tarkastelu Last Planner –menettelyn kautta vaikuttaa kaikkein hedelmällisimmältä toimintatavalta talotekniikan osalta.

Talotekniikkaurakoitsijat ja projektinjohtourakoitsijan edustajat kaipasivat tarkempaa aikataulutusta ja teollisuuden parempi toimintamalli otettiin myös

esiin. Tahtituotannon käyttö tuotannonohjausmenetelmänä olisi yksi vaihtoehto näihin. Lean rakentamisella ja siihen pohjautuvalla tahtituotannolla pyritään rakentamisen tuotannonohjausta kehittämään enemmän teollista tuotannonohjausta muistuttavaksi.

Työmaan jakaminen pieniksi työkohteiksi parantaisi hallintaa ja vähentäisi työntekijöistä tyhjänä olevien neliöiden määrää, mutta vaatii huomattavia panostuksia työnjohdon määrään. Epäilystä tahtituotannon toimivuutta kohtaan voidaan perustella muutosvastarinnalla, mutta toisaalta näkemys voi olla aivan oikea. Pohjimmiltaan ei ehkä ole kyse käytetystä toiminnanohjausjärjestelmästä, vaan siitä että aikataulua hallitaan vain tarkemmin ja pienempinä yksiköinä. Eri urakoitsijoitten toimiminen samassa lohkokerroksessa ei välttämättä ole ongelma, jos perinteisessä tuotannonohjauksessakaan, jos työvaiheet toteutetaan hallitusti. Työvaihetta ja sen aikataulua on kyettävä tiiviissä aikataulussa ohjaamaan likimain tilakohtaisesti.

Kaiken toiminnan edellytys on kuitenkin urakoitsijoitten sitoutuminen hankkeen valmiiksi saattamiseen. Tässä yksi asia ruokkii toista ja sitä mukaa kun urakoitsijat kokevat hyötyvänsä aikataulun läpikäymisestä, sitä aktiivisemmin he haluavat osallistua tapahtumaan. Heille on siis annettava mahdollisuus vaikuttaa ja tuoda esiin omia asioitaan ja näkemyksiään. Sama koskee muutakin yhteistoimintaa, eli kaikki pidettävät palaverit on suunniteltava huolella etukäteen ja niiden pitämiseen on oltava oikea tarve. Jos urakoitsijalta halutaan saada panostusta työmaan suuntaan, on pääurakoitsijan myös oltava valmiina panostamaan urakoitsijan toimintaedellytysten varmistamiseen, jolloin molemmat osapuolet saavuttavat edun työn valmistuessa nopeammin.

Taulukkoon 4 on koottu työn keskeiset kehitysideat, jotka johtopäätöksissä esitetään.

Taulukko 4. Keskeiset kehitysideat

Aikataulus	Aikatauluohjaus	Tietomallintaminen
<ul style="list-style-type: none"> • Aikataulun ja resurssitarpeen selvitys heti alustavista suunnitelmista • Aikataulun yhteensovitus tehdään urakoitsijan kanssa • Riittävän tarkat aikataulutehtävät • Työmaan pilkkominen riittävän pieniksi tuotantopaikoiksi 	<ul style="list-style-type: none"> • Seurataan suunnitellun resurssimäärän riittävyttä • Käänteinen aikataulu käyttöön • Aikatauluseuranta yhteisessä tilaisuudessa läpi • Last Planner • Aikatauluseuranta seuranta jatkuvasti näkyvillä 	<ul style="list-style-type: none"> • Talotekniikka-aikataulun luominen määrälaskennan perusteella paremmin käyttöön työmailla • Osaamista tarvitaan lisää, eli vaatii henkilöstön kouluttamista

8 POHDINTA

Opinnäytetyön toteutus onnistui muuten suunnitellusti, mutta työn toteutusvaihetta jouduttiin venyttämään aiottua pidemmälle ajanjaksolle. Tähän vaikutti työhön käytettävissä olleiden aikatauluresurssien vähäisyys. Työ vastaa esitettyihin tutkimuskysymyksiin ja tutkii aihetta laaja-alaisesti. Lopputuloksena saatiin lista kehitysideoista, joilla talotekniikkatöiden aikatauluttamista ja työnjohtoa voidaan keittää.

Tutkimuskysymyksiä lähdettiin avaamaan kirjallisen materiaalin kautta, josta haettiin ohjeita ja käytänteitä. Päälähteinä käytettiin RT-tietokannasta löytyviä materiaaleja sekä aiheeseen liittyviä opinnäyte- ja diplomitöitä. Aiemmin tuotettua materiaalia löytyi runsaasti ja aiheesta saatiin kattava katsaus jo kirjallisuuden perusteella. Tietopohjaa haluttiin syventää haastatteluilla, kirjallisuudesta kerätyn materiaalin tukemiseksi ja tarkistamiseksi. Haastattelujen aihealueet muodostettiin kerätystä kirjallisesta materiaalista nousseista ajatuksista, joita voisi käyttää tai kehittää.

Haastattelu, jossa ei esitetty tarkkoja kysymyksiä, vaan annettiin haastateltavan kertoa aikatauluttamiseen, tuotannonohjaukseen ja tietomallien käyttöön liittyen omia ajatuksiaan, toimi hyvin. Jos kysymykset olisi lyöty lukkoon jo kirjallisuuteen tehdyn katsauksen perusteella, olisi työhön tuskin saatu näin kattavia vastauksia. Toisaalta nyt vastaukset hajosivat laaja-alaisiksi ja välillä niistä hukkui asian ydin, aikataulun käsittely.

Vastausten laajuudesta aiheutui haasteita tulosten kirjaamiseen. Tutkimustuloksia oli käsiteltävä moneen otteeseen, luotava useita yhteenvetoja ja kirjoitettava tulokset moneen kertaan, jotta keskeiset asiat tuntuivat löytyneen massasta. Tutkimustulokset vastaavat työn tarkoitusta ja niiden perusteella saatiin luotua kehitysideoita talotekniikkatöiden aikataulutuksen ja työnjohdon kehittämiseksi.

Työ ei vastaa aiheeseen tyhjentävästi, eikä sen perusteella ollut tarkoituskaan luoda toiminta- tai kehitysohjetta, vaan tilaaja koki yleisen tutkimisen riittäväksi lopputulemaksi. Rajaus olisi tutkijan näkökulmasta voinut olla hieman tarkempi, jotta tutkimusta oltaisiin voitu kohdistaa kapeammalle osa-alueelle. Aiheen tarkemmalla rajaamisella olisi saatu yksityiskohtaisempaa tietoa ja voitu luoda ohjeistusta rajatulta osa-alueelta. Tällainen tarkempi tutkimus voisi koskea esimerkiksi talotekniikka-aikataulun luomista puhtaasti tietomallista haetuista massatiedoista. Toinen esimerkki olisi Power BI:n tai vastaavan automatiikkaohjelman käyttömahdollisuudet ja hyödyt talotekniikkatöiden työmaatoiminnan aikatauluttamisessa. Kolmantena aiheena olisi keskittyä tutkimaan eri talotekniikkatöiden aikataulullisesti merkittäviä työvaiheita.

LÄHTEET

Aikataulukirja 2016. 2015. Talonrakennusteollisuus ry & Rakennustietosäätiö RTS 13. uud. p. Tampere: Rakennustieto Oy.

Helminen, J. 2016. Tietomallipohjainen rakennettavuuden hallinta koulurakennuksen tuotantovaiheessa. Diplomityö. Saatavissa: https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/19966/master_Helminen_Joni_2016.pdf?sequence=1 [Viitattu 7.3.2020].

Junnonen, J-M. 2001. Rakennushankkeen laadunvarmistus. *Rakentajain kalenteri* 86, 445–451. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020202.pdf> [viitattu 5.1.2020].

Kananen, J. 2008. Kvali – Kvalitatiivisen tutkimuksen teoria ja käytänteet. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.

Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas: Näin kirjoitan opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kolhonen, R, & Koskenvesa, A. 2003. Talotekniikan aikataulutus. *Rakentajain kalenteri* 88, 491-497. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040504.pdf> [viitattu 21.12.2019].

Koskenvesa, A. Mäki, T. & Peltola, A. 2019. Last Planner työmaan johtamisessa. Mittaviiva Oy:n Last Planner koulutusaineisto. SRV:n materiaalipankki, SRV intra.

Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. 3. tarkistettu painos. Rakennustuotanto kirjasarja: KI-6028. Helsinki: Talonrakennusteollisuus ry & Rakennustietosäätiö RTS.

Lankinen, J. 2017. TATE-tietomallien suunnittelumenetelmien kehittäminen ja mallien käyttö työmaalla. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/135001/Lankinen_Johanna.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 29.2.2020].

Jäväjä, P. & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Naukkarinen, V. Talotekniikkatöiden aikataulusidonnainen tarkastusasiakirja. 2017. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/126269/Naukkarinen_Ville.pdf?sequence=1 [viitattu 2.2.2020].

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132, 149 §.

SRV. s.a. Keski-Suomen Sairaala Nova. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.srv.fi/sairaalat/keski-suomen-sairaala-nova/> [viitattu 24.4.2020].

SRV intranet [viitattu 21.12.2019, 26.4.2020 ja 16.5.2020].

SRV vuosikatsaus 2018. 2019. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://files.srv.fi/uploads/2019/02/SRV-Vuosikatsaus-2018.pdf> [viitattu 15.2.2020].

SRV vuosikatsaus 2018. 2019. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://mb.cision.com/Public/18314/3050572/b89948752472b5e2.pdf> [viitattu 26.4.2020].

Perttula, T. 2012. Katsaus tietomallien tulevaisuuteen. *Liikenteen suunta*: 4/2012, 80-81.

RT 10-11066. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus (Versio 1.0, 2012). Rakennustieto. Saatavissa: <https://rt.rakennustieto.fi/aloitus> [Viitattu 12.1.2020].

Sacks, R. 2016. What constitutes good production flow in construction? *Construction Management and Economics*, 34:9, 641-656.

Suomen Rakennusinsinöörien liitto. s.a. Tietomallinnus. WWW-dokumentti. saatavissa: <http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html> [viitattu 18.1.2020].

TalotekniikkaRYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1. 2002. Hämeenlinna: Rakennustieto

Tirkkonen, J. 2016. Talotekniikkatyöt rakennusurakoitsijan näkökulmasta. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24251/Tirkkonen.pdf?sequence=3&isAllowed=yU> [viitattu 7.3.2020].

Vilka, H. 2005. Tutki ja kehitä. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus. 2012. BuildingSMART Finland. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf [viitattu 11.1.2020].

KUVALUETTELO

Taulukko 5. Yleistys ajallisesta suunnittelusta. Aikataulukirja 2016. 2015. 22.4.2020.

Kuva 7. Ote Sairaala Novan yleisaikataulusta kolmen lohkokereksen osalta. Heinonen P. 29.10.2019.

Kuva 8. Ote sairaala Novan karttapohjassa esitetystä vinjettiaikataulusta mestojen sitoutumisesta ja vapautumisesta. Heinonen P. 29.10.2019.

Kuva 9. Lean rakentamisen muodostuminen. Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. 22.4.2020.

Kuva 10. Yhteensovituksen tarkastelua tietomallista. Vasemmalla kuva tietomallista ennen yhteensovitusta ja oikealla kuva samasta paikasta yhteensovituksen jälkeen. Heinonen P. 22.4.2020.

Kuva 11. Tietomallien käyttö työmaalla on mobiilisovellusten ansiosta helpottunut (SRV intra). 29.10.2019.

Taulukko 6. Haastattelujen keskeisimmät tutkimustulokset. Heinonen P. 11.5.2020.

Kuva 12. Talotekniikkatöiden aikataulun luomisen vaiheet. Heinonen P. 11.5.2020.

Taulukko 7. keskeiset kehitysideat. Heinonen P. 12.5.2020.

HAASTATTELULOMAKE (HAASTATTELUT 1-3)

aikataulutus

- miten mitoitetaan menekki/työvoiman tarve?
- toimiiko määräperusteinen menekkilaskenta tate-asennusten osalla?
- mitä kehitettävää aikataulusuunnittelussa on?
- miten hyvin aikataulutukseen käytetyt menekkitiedot pitävät paikkansa?
- voisiko urakoitsija osallistua aikataulun suunnitteluun oman tehtävänsä osalta, miten?

tuotannon ohjaus

- miten tehtävien yhteensovitus tulisi huomioida? toimivia käytänteitä? voidaanko yhteensovituspalavereita parantaa?
- millä tavoin työnjohto voi parhaiten edistää TATE-asennuksien suorittamista?
- voidaanko yhteistyötä urakoitsijoitten ja pääurakoitsijoitten välillä parantaa?
- mitkä ovat tehokkaimmat tavat hoitaa risteilyt/asennettavuusongelmat?
- varautuvatko tate-urakoitsijat häiriöihin, miten?
 - o voiko pääurakoitsija toimia näissä tehokkaammin, miten?
- miten suunnitelmien ongelmakohtia voitaisiin ennakoida paremmin?

tietomallin käyttö

- käytetäänkö tietomallia minkä verran työmaatoimissa? mihin?
- puuttuuko nykyisistä tate-tietomallista jotain tietoja?
- millaista hyötyä olisi 4d tate-mallista?
- entä toteuman seurannasta mallin avulla?
- asennusjärjestyksen tarkastelu, miten prosessia saadaan kehitettyä?
- hyödynnetäänkö työssä malleista saatavia massalistoja millä tavalla?
- millaista hyötyä olisi työnjohdon tietomalliosaamista parantamisesta?

HAASTATTELULOMAKE (HAASTATTELUT 4-8)

aikataulutus

- kuinka urakoitsijat mitoittavat menekkinsä? mallihuoneet vai massalistat
 - o onko aikataulun arvioiminen lähtökohtaisesti helppoa, haastavaa, vai jotain siltä väliltä?
 - o onko mahdollista varata suunnitelmamuutoksien toteutukseen resursseja
- voidaanko suunnitelmien valmiusastetta/virheitä suunnitelmissa poistaa paremmin ennalta?
 - o mitä käytännön toimintamallin ehdotuksia tähän?
- miten talotekniikka tulisi huomioida rakentamisaikataulua ja lohkojakoa luotaessa?
 - o voisiko keskusjärjestelmiä huomioida jotenkin?
- miten urakoitsija pääsisi paremmin vaikuttamaan yhteiseen aikatauluun?

tuotannon ohjaus

- miten yleistä aikataulussa pysymistä voidaan kehittää?
 - o onko aloitusedellytykset yleensäkin kunnossa?
 - o saadaanko ongelmat ratkottua aikataulun mukaisesti
 - o valvotaanko riittävästi/ onko vaatimustasot yleensä hyvin selvillä?
- miten aikataulua/työmaan etenemistä tulisi käydä läpi?
 - o mestapalaveri/jaettu mestojen läpikäynti/Last Planner
- miten yhteistyötä PJU:n ja urakoitsijoitten välillä voisi parantaa
- selvitetäänkö ongelmat riittävän nopeasti?
 - o onko jotain muita tapoja asian järjestämiseen kuin katselmukset?
 - o miten ongelmat saataisiin kerättyä kaikkein parhaiten esiin?
- voidaanko suunnitelmien keskeneräisyyttä vähentää jollain tapaa?
 - o kuinka voitaisiin vähentää uusiksi menevien asennusten määrää?
 - o miten ongelmat voitaisiin kerätä parhaiten ylös?
 - o miten saadaan karsittua häiriöiden määrää
 - o miten oikeat asennusjärjestykset ja testausvaiheen riippuvuussuhteet saataisiin parhaiten esiin ja otettua huomioon?
- onko urakan kokonaisuudella vaikutusta työhön sitoutumiseen
- onko PJU työnjohtajilla yleensä riittävä osaaminen talotekniikkatöiden valvontaan?
-

tietomallin käyttö

- tuleeko mallia käytettyä muuhun kuin visuaaliseen tarkasteluun
 - o otetaanko massalistoja mallista/voidaanko revisiomuutoksen massoista arvioida hyvin muutosten aiheuttamaa työmäärää?
 - o onko mallien tarkkuustaso riittävää luokkaa?
- puuttuuko mallista jotain tietosisältöä
- Onko aikataulutiedon viennistä malliin hyötyä?
- entä jos urakkarajapinnat saadaan malliin?
- Miltä kuulostaa seurannan tekeminen mallin avulla?
 - o voisiko punakyniä tehdä malliin?